

MANUAL TÉCNICO

DE LA MAMPOSTERÍA DE

BLOQUE DE HORMIGÓN





MANUAL TÉCNICO

**DE LA MAMPOSTERÍA DE
BLOQUE DE HORMIGÓN**

Asociación Argentina del Bloque de Hormigón

Manual Técnico de La Mampostería de Bloques de Hormigón / coordinación general de Manuel Timoteo Gordillo. - 1a ed ampliada. - Córdoba : AABH-Asociación Argentina del Bloque de Hormigón ; Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Instituto del Cemento Portland Argentino, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-48289-0-3

1. Manual Técnico. I. Gordillo, Manuel Timoteo, coord. II. Título.

CDD 620.136

Editado por la Asociación Argentina del Bloque de Hormigón (AABH)

Av. Vélez Sársfield 56 – Piso 3 – Oficina “B”

Torre Genaro Pérez

X5008 Córdoba – Argentina

Tel/Fax: (+54) 351 426-2261

www.aabh.org.ar

Con el apoyo del Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA)

San Martín 1137 - Ciudad de Buenos Aires – República Argentina

Tel: (+54 +11) 4576-7690 / 7695

Fax: (+54 +11) 4576-7699

www.icpa.org.ar

Redacción y Coordinación General **Ing. Civil M. Timoteo Gordillo**

- Director Técnico de la AABH - Córdoba - República Argentina.

Asistencia técnica y revisión del Manual: **Ing. Matias Polzinetti,**

Coordinador Departamento Técnico Tecnología del Hormigón, ICPA.

Aviso Legal: La AABH no es responsable de cualquier error u omisión que contenga este manual, ni sobre las fuentes consultadas por sus autores. La AABH no podrá asimismo ser responsabilizado por los resultados obtenidos con el uso de la información aquí vertida. En base a ello, ni la AABH ni sus miembros o funcionarios otorgan garantía de cualquier naturaleza expresa o implícita, por el uso y aplicación de los contenidos publicados en este manual. Esta publicación está dirigida exclusivamente a profesionales de la ingeniería y arquitectura, quienes tienen las competencias necesarias para evaluar el alcance y las limitaciones que se desprenden de la información proporcionada en este manual. La aplicación de esta información en la práctica profesional corre por exclusiva cuenta del profesional que la utilice. La aplicación de esta información en la práctica profesional corre por exclusiva cuenta del profesional que la utilice. Este manual no debe, por ende, ser utilizado como un sustituto de la correspondiente consulta con los profesionales competentes en la materia.

© Noviembre 2021

PROLOGO

La Asociación Argentina del Bloque de Hormigón (AABH) se enorgullece en presentar este nuevo **Manual Técnico del Bloque de Hormigón**, resultado final de numerosos años de estudio, investigación, aprendizaje y experiencias volcadas en un solo documento, que auguramos será de suma utilidad y valor para todo aquel que quiera aprender sobre el mundo de los bloques y sus particularidades.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al **Instituto Cemento Portland Argentino (ICPA)**, que, al igual que siempre, nos ha apoyado y brindado su colaboración para concretar este valioso documento.

Asimismo, en lo personal, y como representante de esta Asociación, quiero agradecer y hacer una mención muy especial al aporte invaluable de nuestro director técnico, el **Ing. Timoteo Gordillo**. Él es el principal responsable de poder contar hoy con esta compilación tan completa y actualizada. De alguna manera, este manual representa el legado de todos sus conocimientos y pasión de toda una vida y carrera profesional dedicada a estos nobles productos de hormigón. Muchas gracias *Moti* por tu incansable tarea de acompañarnos y empujar todos estos años en la AABH.

Indudablemente, este material será de utilidad y gran aporte para profesionales, técnicos y el público en general interesado en la construcción de estructuras de mampostería con bloques de hormigón.

Saludos cordiales,

Arq. Alejandro Romero
Presidente de la AABH

Índice

CAPÍTULO 1 - Generalidades

- 1.1 Introducción **10**
- 1.2 Descripción del sistema constructivo con **BH 11**
- 1.3 Ventajas y aplicaciones **11**
- 1.4 Mampostería Encadenada (ME) y Mampostería reforzada con armadura distribuida (MRAD) **13**
- 1.5 Comparación entre la ME y MRAD **14**

CAPÍTULO 2 - Características de los materiales

- 2.1 Bloques de hormigón. Normativa vigente **18**
- 2.2 Mortero de asiento (Preparado en obra y premezclados) **21**
- 2.3 Microhormigón de relleno (Grout y morteros finos) **25**
- 2.4 Armaduras de refuerzo estructurales y para control de la fisuración **28**

CAPÍTULO 3 - Elementos del diseño arquitectónico y estructural

- 3.1 Patrones de colocación **34**
- 3.2 Coordinación modular **35**
- 3.3 Juntas de control. Concepto general **38**
- 3.4 Diseño estructural. Conceptos generales **41**
- 3.5 Mampostería con compromiso estructural **43**
- 3.6 Detalles de armado **43**
- 3.7 Resistencia al fuego **44**
- 3.8 Comportamiento acústico **48**

CAPÍTULO 4 - Procedimientos constructivos

- 4.1 Etapas constructivas **56**
- 4.2 Guía práctica recomendada para la mano de obra **59**
- 4.3 Construcción de muros con **BH** en tiempo frío y caluroso **69**
- 4.4 Buenas prácticas en obra para el manipuleo de **BH 72**

CAPÍTULO 5 - Comportamiento térmico y otras propiedades

- 5.1 Introducción **76**
- 5.2 Resistencia térmica **77**
- 5.3 Coeficiente "K" **77**
- 5.4 Pérdidas de calor **78**
- 5.5 Estándares mínimos de calidad para viviendas de carácter social **81**
- 5.6 Aislación hidrófuga **86**
- 5.7 Acabados superficiales **88**
- 5.8 Patologías **89**

CAPÍTULO 6 – Preguntas Frecuentes

- 6.1 ¿Qué es un **BH**? **94**
- 6.2 ¿Son todos los **BH** iguales? **94**

- 6.3 ¿Cómo se distingue la calidad de un **BH**? **94**
- 6.4 ¿Es el **BH** de calidad similar al bloque hueco cerámico? **94**
- 6.5 ¿Es posible obtener un **BH** de calidad sin el equipamiento adecuado? **95**
- 6.6 ¿Cuál es, entonces el equipamiento adecuado? **95**
- 6.7 ¿Cuántos tipos de **BH** disponibles hay actualmente en el mercado? **95**
- 6.8 ¿Cómo se especifican los **BH**? **96**
- 6.9 ¿Qué implica que exista una norma IRAM referida a los **BH**, y un reglamento nacional CIRSOC para construcciones de mampostería? **96**
- 6.10 ¿Cómo se estiban los **BH**? **96**
- 6.11 ¿Existen bloques impermeables? **97**
- 6.12 ¿Cómo se protege de la lluvia a una pared de bloques? **97**
- 6.13 ¿Por qué, a veces, se marcan los bloques en el interior de la pared? **97**
- 6.14 ¿Es necesario hacer algún tipo de ensayo de laboratorio antes de comenzar a colocar los bloques? **97**
- 6.15 ¿Por qué, siempre que se proyecta con **BH**, es necesario asegurar una coordinación modular? **98**
- 6.16 ¿Por qué es necesario controlar la fisuración de las paredes? **98**
- 6.17 ¿Por qué algunos muros presentan una fisuración en escalerilla? **98**
- 6.18 ¿Tienen las instalaciones sanitarias y de electricidad el mismo tratamiento que en las paredes de ladrillos comunes y bloques huecos cerámicos? **98**
- 6.19 ¿Qué material debe utilizarse para pegar los **BH**? **99**
- 6.20 ¿Es posible reemplazar la estructura tradicional de vigas y columnas con muros de **BH** portantes reforzados? **99**
- 6.21 ¿Es verdad que una pared de bloques es más fría en invierno y más caliente en verano en comparación con otra de ladrillos comunes? **99**
- 6.22 ¿Cuáles son las recomendaciones más comunes para los usuarios de **BH**? **99**

TERMINOLOGIA; DEFINICIONES **101**

ANEXOS

Anexo 1: Detalles constructivos **107**

Anexo 2: Barreras sónicas **129**

Anexo 3: Resistencia al fuego **139**

Anexo 4: Resistencia a la Penetración de Agua. Ensayo ASTM E514 **147**

Anexo 5: Simulación Energética **157**

Anexo 6: Acondicionamiento Térmico **165**



#1

Generalidades

1. Generalidades

1.1 Introducción

Los bloques de hormigón vibro-comprimidos (**BH**) no son elementos de cierre comunes (como los ladrillos o los bloques cerámicos) y por lo tanto no deben utilizarse en su reemplazo como tales, sino que constituyen un "sistema constructivo integral", específico y diferente, con ventajas apreciables sobre los sistemas tradicionales de construcción.

Los **BH**, correctamente utilizados, permiten sensibles reducciones del costo de cualquier construcción y una mayor velocidad en la elevación de las estructuras, a la vez que dispensan el uso de revoques gruesos para uniformizar las superficies terminadas e incluso permiten dejarlos a la vista, previo un tratamiento superficial adecuado. Los ahorros que se logran en la construcción de paredes y muros pueden destinarse a mejorar otros aspectos de la obra.

Independientemente de que los **BH** pueden utilizarse con diversas modalidades constructivas (Mampostería Encadenada Simple, Mampostería Encadenada Armada o Mampostería Reforzada con Armadura Distribuida), la posibilidad de construir utilizando el sistema de armadura distribuida dentro de los huecos de los bloques, en lugar del tradicional "pórtico" de columnas y vigas de hormigón armado independientes (cuyos vanos libres deben luego ser rellenados con unidades de mampostería), proporcionan un sensible ahorro de acero en la construcción y evitan el armado de "estribos" con el consiguiente ahorro de tiempo y trabajo, sin por ello reducir la resistencia del conjunto terminado.

Es de hacer notar que las construcciones con **BH** no están limitadas a una altura ni a una superficie máxima predeterminada, con la salvedad de que, para construcciones de gran altura, se requieren bloques de mayor resistencia a la compresión para que puedan soportar las cargas gravitatorias (peso propio más sobrecarga) y el empuje lateral (viento o sismo). En Argentina existen edificios de más de 10 pisos construidos con mampostería de **BH** con armadura distribuida, sin haber requerido la estructura independiente de hormigón armado tradicional.

Uno de los puntos más destacados en donde la utilización del **BH** en la construcción de muros difiere de los sistemas tradicionales, es en la necesidad de

una modulación estricta en sus dimensiones, ya que los **BH** no deben ser cortados ni suplementados para adaptarlos a medidas arbitrarias.

La posición y ubicación de las aberturas también deben cumplir con la modulación, tanto sea en sus dimensiones cuanto en el vano a cubrir. Esto se verá más en detalle en los próximos Capítulos.

Este Manual Técnico pretende facilitar a los lectores la comprensión de los distintos aspectos involucrados en el sistema constructivo con **BH**, así como resaltar los detalles que deben tenerse en cuenta para lograr un uso óptimo de ellos y poder lograr así el máximo aprovechamiento de sus innegables ventajas.

1.1.1 Definición

Independientemente de su forma y dimensiones, se denominan **BH** vibro-comprimidos a todos los elementos constructivos individuales, fabricados industrialmente con hormigón sometido a un proceso de vibración y compresión dentro de un molde que asegure la precisión dimensional y la compactación uniforme del material el que, luego de ser sometido a un proceso de curado controlado, asegure el cumplimiento de los requisitos requeridos por las Normas IRAM aplicables.

Básicamente el proceso productivo consiste en sobrellenar el molde con una cantidad de hormigón entre un 10% y un 50% mayor que el volumen final del producto terminado y luego acomodar la mezcla dentro del molde mediante una enérgica vibración para, finalmente, darle la compactación y altura final mediante compresión, ya sea ésta hidráulica o mecánica. Se sobreentiende que, a mayor cantidad de hormigón comprimido dentro del molde, mayor será la densidad y resistencia del **BH** terminado.

Lograr **BH** que cumplan con las normas vigentes y aseguren una calidad uniforme y constante en lo que se refiere a resistencia a la compresión y terminación superficial y dimensional correctas, demanda la utilización de equipos moldeadores industriales de gran porte, ya que es imposible lograr **BH** aceptables con equipos manuales primitivos, cuyo sistema operativo no garantiza la correcta vibración ni compresión necesarias para cumplir las normas vigentes; por lo que con estos equipos rudimentarios sólo es posible fabricar los comúnmente conocidos como "bloques de patio" que no pueden ni deben ser utilizados estructuralmente por razones obvias.

1.1.2 Historia

Los BH fueron inventados alrededor de 1905 en su forma primaria. Posteriormente, a partir de 1911, se reconoce al norteamericano Harmon Palmer como el creador del primer proceso industrial de fabricación de BH huecos en EEUU, adoptándose una medida normalizada de 8" x 8" x 16" (pulgadas) (19 cm x 19 cm x 39 cm) que es la misma que actualmente se aplica en todo el mundo.

Las máquinas existentes en esa época permitían fabricar hasta 200 bloques diarios, cantidad que fue paulatinamente incrementada hasta alcanzar los actuales 35.000 bloques por turno de trabajo.

Desde entonces y hasta la fecha, su desarrollo, mejoras de diseño y nuevas aplicaciones han sido constantes, hasta el punto de constituirse en el elemento constructivo más difundido en los principales países del mundo. Los avances tecnológicos permitieron, además, mejorar también las resistencias específicas, reduciendo el espesor de las paredes del bloque a fin de disminuir su peso.

En Argentina, lamentablemente, se confundió inicialmente al BH con un elemento de cierre común y como un mero sustituto del ladrillo, aplicándole la misma tecnología constructiva que a éstos, con lo cual se desvirtuó el sistema y se facilitó la fabricación del bloque de patio, situación que afortunadamente comenzó a revertirse en los últimos 10 años, con la estricta aplicación de las normas IRAM pertinentes y la incorporación de equipos adecuados, lo cual puede apreciarse en los miles de construcciones distribuidas en distintas ciudades de nuestro país, algunas de las cuales pueden observarse en las fotografías que ilustran la tapa de este Manual.

Las normas IRAM, particularmente la norma 11561 "Bloques de Hormigón" establece los requisitos que deben cumplir los BH, fija las características de calidad del producto y exige a los fabricantes la producción de BH de calidad adecuada; en tanto la Norma 11556 "Mampostería de Bloques de Hormigón" establece la forma en que los BH deben ser utilizados.

Aparte del establecimiento de normas IRAM específicas mencionadas, esta reversión de la situación preexistente se debió a la substancial inversión realizada por distintas Empresas productoras de BH en equipos de última generación, a la incorporación de nuevas tecnologías y a la infatigable labor de difusión y capacitación realizada

por la Asociación Argentina del Bloque de Hormigón y el ICPA que han editado este Manual.

1.2 Descripción del sistema constructivo con BH

El BH de dos cámaras (huecos interiores) es el elemento básico de un sistema constructivo cerrado que presenta características específicas y que le otorgan identidad propia.

Su fabricación con equipos con alta potencia de vibrado y compresión, con dosificación de mezclas de hormigón en forma controlada y su curado en cámaras, da como resultado un bloque de alta calidad, resistencia y durabilidad; excelente comportamiento estructural; gran resistencia al fuego y óptimas propiedades acústicas.

Además presenta una excelente terminación estética cuando se les incorporan pigmentos en la masa antes de su moldeo y cuando se producen bloques con caras partidas.

La diferencia fundamental, entre otras, con la mampostería de bloques cerámicos huecos y/o ladrillos, radica en que un único elemento cumple con tres funciones simultáneas: cerramiento, textura y parte de la estructura resistente.

El cerramiento se logra mediante la colocación de los BH a junta trabada o continua vertical; la textura mediante el uso de BH con cara partida o de color, y la estructura a través de la colocación de barras de acero en los huecos verticales resultantes y horizontalmente con bloques de encadenado tipo "U" o con tabiques "rebajados" (BH canaleta o con rebaje central).

Esta simultaneidad de funciones hace que el sistema de construcción con BH sea mucho más rápido y económico que los sistemas similares.

1.3 Ventajas y aplicaciones

1.3.1 Ventajas

Siempre que se respeten las condiciones de diseño, dirección y ejecución y la relación de éstas con las características propias de la mampostería de hormigón, los BH presentan una serie de ventajas que se enumeran a continuación:

Coordinación modular:

Permite utilizar piezas premoldeadas enteras, sin adaptaciones en obra, con el ahorro de tiempos, materiales, tareas, etc. Esta es una responsabilidad del proyectista y su pericia para desarrollar el proyecto incidirá positivamente en la obra.

Menos unidades por m²:

Se necesitan 12,5 unidades exactas para materializar 1 m² de mampostería. En cambio se necesitan 16 bloques huecos cerámicos (18 x 18 x 33) o 108 ladrillos macizos (espesor de pared de 30 cm) para lograr ese mismo metro cuadrado.

Mayor rendimiento de mano de obra:

Un oficial albañil y su ayudante levantan unos 12 m² de pared por día (más de 150 bloques), incluyendo la estructura compuesta por barras verticales y horizontales distribuidas en el muro y debidamente coladas con hormigón de relleno o grout.

Menor cantidad de mortero de asiento:

Se necesitan 12 l de mortero para asentar 1 m² de **BH**, en lugar de los 45 l necesarios para los bloques huecos cerámicos 18 x 18 x 33, y 90 l para los ladrillos macizos.

Posibilidad de eliminar revoques:

Debido a que una pared levantada con **BH** presenta un nivel de terminación superficial uniforme y constante, ésta se comporta como un excelente revoque grueso, por lo que éste se torna innecesario, pudiéndose entonces aplicar directamente el revoque fino sobre una capa de azotado impermeable de ser necesario.

En algunos casos, el **BH** puede dejarse interiormente a la vista, sin necesidad de realizar ningún tratamiento superficial; en tanto exteriormente requiere un adecuado tratamiento impermeabilizante ya sea aplicando revoques tradicionales, revestimientos plásticos o pinturas impermeabilizantes.

Uso de piezas especiales:

Existen, además de los **BH** comunes, otras piezas similares que complementan al sistema constructivo. Por ejemplo: medios bloques, bloques con rebaje central tipo canaleta, bloques U, bloques de esquina, bloques texturados en todas sus variantes, plaquetas de revestimiento, tapas para parapetos y molduras, etc.

Elevada resistencia a la compresión axial de la pared resultante:

Esta propiedad hace que este sistema constructivo sea ampliamente utilizado en zonas sísmicas de todo el mundo, aplicando el sistema de la mampostería reforzada con armadura distribuida (MRAD), tal como lo menciona el Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte III - "Mampostería en zona sísmica".

Elevada inercia térmica:

Debido a su elevada densidad y masa térmica, la mampostería de hormigón ofrece una elevada inercia térmica y por ello puede ser utilizada en estructuras pasivas y mitigar el efecto de sobre calentamiento en el verano.

Racionalización de las instalaciones sanitaria y eléctrica:

Utilizando bloques de distinto espesor (ancho) se logran entrantes y salientes en la pared, comúnmente conocidos como "nichos", en donde se alojan las cañerías sanitarias y de electricidad, sin necesidad de tener que cortar los **BH** con cortahierros o discos abrasivos, como sucede con las mamposterías cerámicas, con su consiguiente mayor demanda de mano de obra, elevado desperdicio de los materiales, generación de fisuras localizadas y residuos.

Flexibilidad de uso:

Como sistema estructural y constructivo se pueden proyectar desde viviendas de bajo costo de interés social, hasta edificios en altura, pasando por usos industriales, comerciales, hoteleros, hospitalarios, educativos, etc.

1.3.2 Principales aplicaciones

- Viviendas unifamiliares y planes de viviendas
- Edificios en altura
- Centros comerciales
- Edificios públicos: (colegios, bibliotecas, museos y centros de salud)
- Edificios industriales, complejos fabriles, galpones y depósitos
- Cárceles, unidades penitenciarias y municipalidades
- Muros de sostenimiento de suelo o cereales
- Piletas de natación y cisternas
- Barreras resistentes al fuego
- Muros portantes exteriores e interiores
- Cerramientos de estructuras independientes
- Tabiques divisorios
- Barreras sónicas

1.4 Mampostería Encadenada (ME) y Mampostería Reforzada con Armadura Distribuida (MRAD)

La utilización de **BH** portantes permite desarrollar diferentes tipos de muros capaces de soportar cargas, que, a su vez, combinados con los elementos horizontales (losas o diafragmas), permiten distribuir adecuadamente los empujes laterales de viento o sismo.

Cualquiera sea el caso (ante la carga de viento o sismo -uno de los dos y no ambos, por cuanto no se considera en el diseño una acción simultánea por no ser una situación de ocurrencia razonablemente probable-), los esfuerzos de corte resultantes, contenidos en el plano de la pared, serán resistidos adecuadamente.

Existen tres tipos básicos de mamposterías portantes:

- Mampostería Encadenada simple, sin armar (ME)
- Mampostería Encadenada Armada (MEA)
- Mampostería Reforzada con Armadura Distribuida (MRAD)

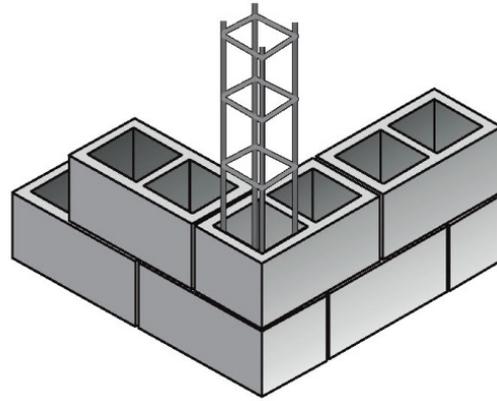
Mampostería Encadenada simple (ME):

Es aquella que se encuentra confinada por columnas y vigas de encadenado de hormigón, conformadas y dispuestas de acuerdo con lo exigido por los reglamentos, sin ningún tipo de armadura de junta horizontal.

La aplicación más común de la ME es en la mampostería de arcilla (ladrillos macizos comunes o bloques huecos cerámicos de tubos horizontales).

Mampostería Encadenada Armada (MEA):

Es aquella que se encuentra confinada por columnas y vigas de encadenado de hormigón, de la misma manera que lo mencionado en la ME, pero cuyas juntas horizontales llevan armaduras embebidas en la mezcla de asiento de acuerdo con lo exigido por los reglamentos, mejorando su ductilidad y contribuyendo a mantener su integridad.



Mampostería encadenada armada "híbrida"

(Se utiliza el hueco del bloque para construir la columna).

Dicha armadura secundaria de junta, recomendada por la Norma IRAM 11556 "Mampostería de Bloques de Hormigón", favorece la inhibición de microfisuras en la interfase bloque/mezcla de asiento.

Presenta un excelente comportamiento estructural en viviendas de baja altura y es recomendable para zonas sísmicas.

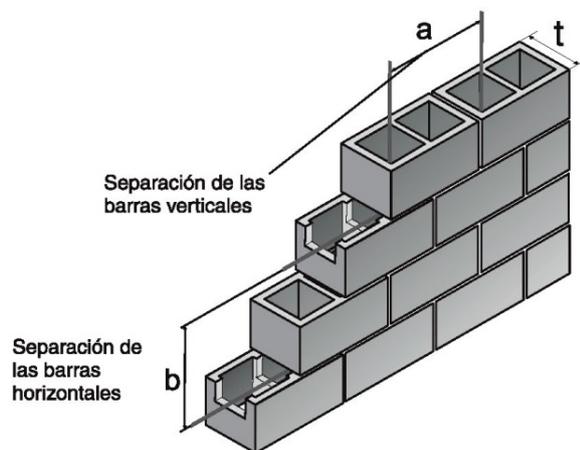
Mampostería Reforzada con Armadura Distribuida (MRAD):

Implica disponer de armaduras horizontales y verticales distribuidas en toda la superficie del muro, colocadas de tal manera que el acero y la mampostería trabajen en forma conjunta (símil tabique de hormigón armado).

Es la más racional de las tres, ya que se utilizan los huecos verticales de los **BH** para colocar barras verticales y en bloques rebajados en fábrica, llamados vulgarmente "bloques canaleta", es posible distribuir las barras de acero horizontales e inclusive permite armar vigas de **BH**.

De esta manera se elimina la necesidad del encofrado ya que el **BH**, además de colaborar con la resistencia de la estructura, hace de "molde perdido".

La MRAD se encuentra incluida en el Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte III - "Construcciones de mampostería" y es la que se utiliza en el 100 % de los casos en Estados Unidos en donde se emplean más de 5 mil millones de **BH** por año.



Muro de bloques reforzado con barras verticales y horizontales

1.5 Comparación entre la ME y la MRAD

La **ME** es el tipo de estructura más comúnmente utilizada en la construcciones con bloques cerámicos huecos o ladrillos macizos.

Las "cadenas" (vigas y columnas de hormigón) se materializan en obra con encofrados independientes de la mampostería, conteniendo en su interior las barras de acero de refuerzo, tanto en columnas como en vigas.

En las primeras se utilizan, por ejemplo, cuatro barras de diámetro 8 mm y estribos de 6 mm, los que luego son colados con hormigón H20 o superior. Posteriormente se retiran los encofrados, quedando el hormigón armado a la vista. El sistema estructural resultante es de pórticos con vigas y columnas de hormigón armado rellenos posteriormente con la mampostería.

En cambio, MRAD presenta un comportamiento estructural y un proceso constructivo completamente diferente.

El comportamiento estructural de estos tabiques portantes resulta similar al de una placa de hormigón armado, con capacidad para absorber tensiones de flexión, flexo-compresión y corte.

A medida que se levantan las paredes, la armadura de refuerzo es colocada dentro de los huecos de los **BH**, los que, a su vez, son colados con microhormigón (también conocido como hormigón de relleno o grout), de manera que la mampostería, el hormigón de relleno y la armadura actúan monolíticamente para resistir las cargas verticales y horizontales. Se crea así un elemento estructural

monolítico y heterogéneo similar al hormigón armado.

La armadura horizontal es ubicada a medida que se levanta la pared. Estas armaduras son colocadas en bloques "canaleta" o rebajados, que luego son colados con microhormigón, pudiéndose también reforzar las hiladas en las juntas del mortero.

Por lo tanto, en la **MRAD**, en comparación con la **ME**, los bloques hacen de encofrado, manteniéndose inalterada la cáscara exterior de la edificación.

Se eliminan los tiempos de espera para desencofrar y se utiliza menor cantidad de barras de acero, debido a que no es necesario colocar estribos alrededor de las barras verticales. Esto es mucho más rápido y limpio pero, por sobre todo, se garantiza el correcto colado del hormigón de relleno en toda la altura de la barra.

Características de los materiales



#2

2. Características de los materiales

2.1 Bloques de Hormigón. Normativa vigente

Los **BH** en Argentina deben cumplir con los requisitos especificados por la norma IRAM 11561 "Bloques Huecos de Hormigón", en donde se incluye la siguiente definición: "mampuesto destinado a la construcción de muros y tabiques, cuya suma de los volúmenes huecos es mayor que el 25% del volumen total aparente del bloque y están ubicados de forma que cumplan requisitos funcionales (estáticos, de aislamiento, etc.).

La misma norma IRAM diferencia a los **BH** en portantes y no portantes. Su clasificación está ligada al tipo de mampostería que se puede obtener con ellos según sea el caso. La norma IRAM 11556 "Mampostería de Bloques de Hormigón" incluye las siguientes definiciones:

Mampostería simple no portante:

De cerramiento, que no transmite cargas verticales pero debe resistir cargas que provienen de su peso propio (se obtiene utilizando bloques no portantes).

Mampostería portante:

Puede resistir tanto cargas perpendiculares como las contenidas en su plano (sólo es posible lograrla utilizando bloques portantes).

Es indudable que según sea el tipo de compromiso que tenga la pared, también así variarán las exigencias de Norma.

2.1.1 Dimensiones de los bloques

Las dimensiones estándar de los bloques huecos de hormigón 20x20x40 deben cumplir con las siguientes pautas establecidas como tolerancias en las medidas en la norma IRAM 11561. (Ver Tabla 2.1.)

Las medidas totales del ancho, alto y largo de las unidades pueden diferir en no más de $\pm 3,5$ mm de las medidas especificadas. Éstas son las medidas designadas por el fabricante, mientras que las nominales son las especificadas más el espesor de la junta de mortero.

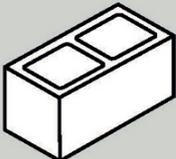
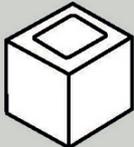
2.1.2 Tipos y modelos disponibles

En la tabla 2.2 se indican los principales tipos de bloques utilizados actualmente en Argentina, detallándose su uso y sus principales características.

Tabla 2.1 - Tolerancia en las medidas de BH (en mm)

Medida	Dimensiones	Tolerancias
Largo	390	+/- 3,00
Alto	190	+/- 3,00
Ancho	190	+/- 3,00
Espesor tabiques longitudinales		≥ 25
Espesor tabiques transversales		≥ 20
Dimensión huecos		≥ 50

Tabla 2.2 - Tipos y modelos disponibles

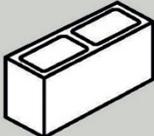
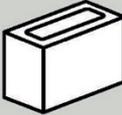
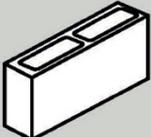
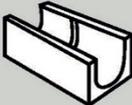
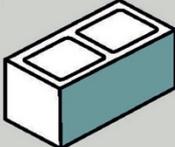
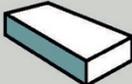
P20 	Bloque para muros portantes de 20 cm. de espesor. Espesor mínimo de los tabiques: 25 mm	Modelo: Estándar Medidas (cm): 19x19x39 Unidades por m ² : 12,5 Unidades/pallet: 90 Peso: 14,6 kg
P20M 	Medio Bloque para muros de 20 cm. de espesor. Puede ser moldeado en fábrica u obtenido en obra cortando un bloque entero con su tabique central debilitado.	Modelo : Mitad Medidas (cm) : 19x19x19 Unidades por m ² : 25 Unidades/pallet: 150 Peso: 8,3 kg

2.1.3 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión de los **BH** es de gran importancia por su destino estructural. De allí que la norma IRAM 11561/3 establece los valores siguientes contenidos en la tabla 2.3, calculados según la sección bruta del mampuesto.

Estos valores son mínimos y, en caso de ser necesario por cálculo, se podrán exigir resistencias a la compresión mayores, previa consulta con el fabricante.

Tabla 2.2 - Tipos y modelos disponibles (continuación)

P15 	Bloque para muros portantes de 15 cm. de espesor.	Modelo: Estándar Medidas (cm): 14x19x39 Unidades por m ² : 12,5 Unidades/pallet: 120 Peso: 11,5 kg
P15M 	Bloque mitad para muros no portantes de 15 cm. de espesor.	Modelo: Estándar Medidas (cm): 14,2x19x19 Unidades por m ² : 25 Unidades/pallet: 240 Peso: 6 91 Kg
P10 	Bloque para muros no portantes de 10 cm. de espesor.	Modelo: Estándar Medidas (cm): 9,5x19x39 Unidades por m ² : 12,5 Unidades/pallet: 168 Peso: 8 7 Kg
P10M 	Bloque Mitad para muros no portantes de 10 cm. de espesor.	Modelo: Estándar Medidas (cm): 9,5x19x19 Unidades por m ² : 25 Unidades/pallet: 300 Peso: 4,15 Kg
P20RC 	Bloque para muro de 20 cm con rebaje central. Reemplaza al bloque U y se utiliza para armar encadenados horizontales y vigas de bloques de altura variable. También es posible obtenerlo en obra removiendo los tabiques debilitados.	Modelo: Rebaje Ctra Medidas (cm): 19x19x39 Unidades por m ² : 12 5 Unidades/pallet: 90 Peso: 14 kg
SP20 	Bloque portante símil piedra para muro de 20 cm.	Modelo : Símil piedra Medidas (cm) : 19x19x39 Unidades por m ² : 12 5 Unidades/pallet: 90 Peso: 17 1 kg
SP20M 	Bloque mitad símil piedra para muro de 20 cm. También se fabrica símil piedra esquinero.	Modelo : Mitad símil piedra Medidas (cm) : 19x19x19 Unidades por m ² : 25 Unidades/pallet: 100 Peso: 9 kg
PSP20 	Plaqueta lisa o símil piedra para revestimiento de 7 cm de espesor	Modelo: Plaqueta Medidas (cm): 6,5x19x39 Unidades por m ² : 12,5 Unidades/pallet: 200 Peso: 5,4 kg

Cualesquiera de los productos listados se ofrecen en color gris o pigmentados de diversos colores

Tabla 2.3 - Resistencia a la compresión de la sección bruta de los bloques (MPa)*

Promedio de 3 unidades	6,0
Unidad individual	5,0
* 1 MPa = 10,2 kg/cm ²	

Es importante tener en cuenta la diferencia que existe entre lo que se denomina "sección bruta" y "sección neta". La primera es la sección o área que se obtiene al cortar por el medio el bloque en sentido longitudinal y computarla sin descontar los huecos (p.e. 19 cm x 39 cm), mientras que la segunda es igual a la primera, pero restándole los huecos.

El cociente entre el área neta y la bruta es aproximadamente igual a 0,5655 para el bloque estándar 20 x 20 x 40 fabricado en nuestro medio.

Por ejemplo, si un bloque tiene una resistencia igual a 10 MPa (100 kg/cm²) determinada según área bruta, la misma resistencia en sección neta es igual a 10 MPa/0,5655 = 18 MPa (180 kg/cm²).

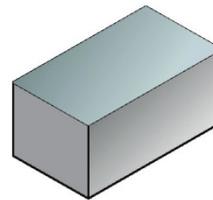
2.1.4 Absorción

Ésta es una característica propia de los **BH** y depende fundamentalmente de la densidad. Así para bloques más densos (2000 kg/m³ o más), este valor se limita a un 10,5% del peso de la unidad aproximadamente.

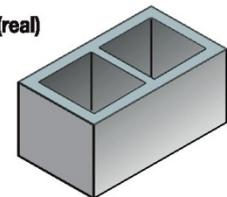
Las Normas IRAM 11561-2 especifican los valores máximos de absorción de agua que se indican en la Tabla 2.4, tanto para bloques portantes como no portantes (según sea la densidad), que equivalen a un 10,5%, 13% y 17% del peso de la unidad respectivamente.

La absorción de agua en un producto para la construcción es una ventaja importante que debe ser siempre tenida en cuenta, cuando se trata de obtener un adecuado nivel de adherencia entre elementos cementicios.

Diferencia entre área bruta y área neta



Área bruta = ancho real x largo(real)



Área neta = Área bruta x % sólido

En la mampostería de **BH**, la absorción controlada permite que se desarrollen tensiones de adherencia entre el mortero de asiento y el mampuesto, y entre los morteros de revoques y la superficie resultante de la elevación de las diferentes hiladas.

Si hubiere una absorción muy elevada, tal como ocurre con la mampostería cerámica que no ha sido totalmente saturada en agua antes de su colocación en el muro, el mortero de asiento pierde agua cediéndola a la unidad de mampostería y se "quema", ya que no se produce la hidratación de los aglomerantes presentes en la mezcla y no se genera la unión entre los ladrillos macizos o entre los bloques cerámicos huecos.

Por el contrario, si la absorción fuera nula, la adherencia entre los morteros y las unidades de mampostería sería muy baja (de asiento, revoques, etc.). Lo mismo sucedería con el microhormigón de relleno o grout.

Tabla 2.4 Valores máximos de absorción de agua

Designación	Densidad del hormigón (kg/m ³)	Absorción de agua (kg/m ³)
Normal o estándar	>2000	210
Mediano	1700 a 2000	240
Liviano	<1700	290

2.1.5 Terminación y apariencia

La norma IRAM 11561 también se ocupa de este tema cuando establece que: "las unidades deben estar enteras y libres de fisuras u otros defectos que pudieran interferir con una correcta colocación o perjudicar significativamente la resistencia de la construcción".

Sin embargo, la misma norma IRAM, establece que "no obstante, no serán motivo de rechazo las pequeñas fisuras circunstanciales provenientes de la etapa de fabricación o las pequeñas saltaduras resultantes del manipuleo propio del despacho y/o distribución.

2.1.6 Contenido de humedad

El hormigón, bajo determinadas condiciones climáticas (baja humedad relativa, viento, calor, etc.), tiende a disminuir su contenido de humedad y por lo tanto se contrae.

Cuando se trata del hormigón de los **BH**, se desarrollarán en la pared tensiones de tracción y corte, que dependen fundamentalmente del contenido de humedad. El contenido inicial de humedad de los **BH** es el generado, en una primera etapa, por el agua de amasado.

En el momento de uso de los **BH** en obra (al momento de ser colocados) es conveniente que el contenido de humedad de los mismos no supere el 40% del valor fijado como absorción máxima (ver tabla 2.4). Si se tratara de una zona árida y de ambiente muy seco, este valor se reduce a un 30%.

La contracción del **BH** por pérdida de humedad, es uno de los principales motivos de la aparición de fisuras múltiples en la pared, que generalmente se dan en escalerilla cuando el mortero es de baja resistencia a la compresión, y genera la principal patología en este tipo de mampostería.

Es responsabilidad del fabricante no despachar bloques "verdes" o "inmaduros", debiendo esperar como mínimo catorce días antes de su expedición, o hasta tanto el contenido de humedad esté entre el 30 % y 40 %, según se mencionó en el párrafo anterior. Si a pesar de ello, el despacho se realiza antes de tiempo, los **BH** deberán ser estacionados (acopiados) adecuadamente en obra hasta alcanzar el contenido de humedad óptimo.

La humedad en los **BH** proveniente de la lluvia intensa o por su inmersión o mojado excesivo (tal como hay que hacer con la mampostería cerámica) es también pernicioso, pero de menor magnitud que la generada por la humedad temprana (agua de

amasado), por lo que generalmente se recomienda proteger de la lluvia a la pila de mampuestos en obra, antes de su colocación en la pared.

2.2 Mortero de asiento. (Preparados en obra y premezclados)

En el caso de la mampostería de hormigón, el mortero de asiento tiene tanta importancia como el mampuesto propiamente dicho, ya que es el eslabón que une a todos los elementos que, en conjunto, conforman un todo; es decir la pared terminada.

Esto implica que su calidad y resistencia deben ser tenidas en cuenta de la misma forma que la calidad y la resistencia de los bloques. De nada servirá contar con bloques de muy buena resistencia si luego serán asentados con un "eslabón" de resistencia muy inferior, así como si éste va a estar ausente en las juntas verticales, o si el mismo no se adherirá convenientemente con las distintas unidades, tanto vertical como horizontalmente. De allí que las normas y los reglamentos relacionados con la mampostería estructural de **BH** incluyen siempre un capítulo específico sobre la resistencia del mortero y sus otras características.

La junta de mortero no sólo tiene una marcada y demostrada influencia en la resistencia básica a la compresión del conjunto (pared), sino que su tratamiento también influirá en el aislamiento hidrófugo del muro, sobre todo si éste será tratado superficialmente con una pintura que trabaje por penetración (que no forma película).

Resumiendo, las funciones a cumplir por el mortero son las siguientes:

- Genera adherencia entre los bloques a fin de conformar un todo monolítico.
- Sella las juntas verticales y horizontales entre las unidades.
- Facilita al albañil la modulación de la hilada por diferencias en las dimensiones existentes entre los bloques individuales.

Como ya se expresó precedentemente, estas características imprescindibles sólo se consiguen cuando el mortero a utilizar cumple con las condiciones mínimas de trabajabilidad, adherencia y resistencia.

2.2.1 Trabajabilidad

Esta propiedad del mortero es la que le permite al albañil extender la capa de mezcla en un espesor adecuado sobre los bordes longitudinales del bloque, y "pegar" la banda vertical que luego se transformará en la imprescindible junta vertical.

El mortero debe ser "pegajoso" y "plástico", condiciones que, cuando no se dan, derivan generalmente en la ausencia de la junta vertical, muy común en la mayoría de las obras sin control de calidad. Esta falta de la junta vertical implica una pérdida muy importante de la resistencia a la compresión del muro en su conjunto.

La consistencia del mortero se logra mediante una cantidad conveniente de agua de amasado y una granulometría apropiada de las arenas utilizadas. Al respecto se recomienda el uso de arena mediana a fina mezclada con cemento y, de ser necesario, con el agregado de aditivos plastificantes.

2.2.2 Adherencia

Consiste en la unión mecánica entre los mampuestos y sus propiedades varían según su estado: fresco o endurecido.

En la primera condición, la adherencia está relacionada con la retención de agua del mortero. Logrando retener el agua en el mortero se evita la rigidización de la mezcla, la excesiva absorción por parte del bloque inferior y la formación de una junta débil. Comúnmente la retención apropiada se logra con una proporción adecuada de granos finos y utilizando cal en la dosificación de la mezcla de asiento. Se puede mejorar la adherencia, además, utilizando un aditivo a tal efecto. En estado endurecido, la adherencia está directamente relacionada con la resistencia mecánica del mortero, que se mide a través de su resistencia a la compresión.

2.2.3 Resistencia

El Reglamento INPRES CIRSOC 103 Parte III "Construcciones de Mampostería" tipifica a los morteros utilizados en la ejecución de juntas horizontales y verticales en función de su dosificación por volumen. En tanto, la Norma IRAM 11556 establece las dosificaciones para morteros de asiento para estructuras de mampostería con y sin compromiso estructural. En las Tablas 2.5 y 2.6 se presentan estas dosificaciones.

Tabla 2.5 – Morteros de asiento. Dosificación en volúmenes aparentes (IRAM 11556. Tabla 1)

Mortero	Tipo	Calidad resistente	Proporciones en volumen (materiales aglomerantes)			Proporción de agregado fino (respecto de la suma de los volúmenes de los aglomerantes)
			Cemento portland	Cemento de albañilería	Cal hidratada	
Cemento-cal	E	Elevada	1	-	0 a ¼	comprendido entre 2,25 y 3
	I	Intermedia	1	-	¼ a ½	
	N	Normal	1	-	½ a 1 ¼	
	Np	No portante	1	-	1 ¼ a 2 ½	
Cemento de albañilería	E	Elevada	1	1	-	2,25 a 3
	I	Intermedia	½	1	-	
	N	Normal	-	1	-	
	Np	No portante	-	1	-	

Tabla 2.6 – Morteros de asiento. Requisitos de desempeño para morteros con dosificación alternativa (IRAM 11556. Tabla 2)

Mortero	Tipo	Calidad resistente	Resistencia a la compresión a 28 d (min) en MPa ¹⁾	Retención de agua (min) en % ¹⁾	Contenido de aire (max) en % ¹⁾	Proporción de agregado fino (respecto de la suma de los volúmenes de los aglomerantes)
Cemento-cal	E	Elevada	15	75	12	2,25 a 3,75
	I	Intermedia	10	75	12	
	N	Normal	5	75	14	
	Np	No portante	2,5	75	14	
Cemento de albañilería	E	Elevada	15	75	18	
	I	Intermedia	10	75	18	
	N	Normal	5	75	20	
	Np	No portante	2,5	75	20	

1) Método de ensayo realizado según lo indicado en la IRAM 1676.

2.2.4 Materiales

A continuación, se describen los principales componentes del mortero y las propiedades aportadas por cada uno de ellos:

Cemento: resistencia y durabilidad.

- **Cal:** trabajabilidad, retención de agua y alguna capacidad ligante limitada. (En casos que el mortero de asiento deba estar en contacto con armaduras de acero, se debe prescindir del uso de cal en la mezcla de asiento).
- **Arena:** es el componente que necesita mayor atención, debido a que es el menos controlado por los proveedores. Su función es actuar como material de relleno del mortero, brindando a este el "cuerpo" necesario, limitando los cambios de volumen y controlando la tendencia a la fisuración.
- **Agua:** es fundamental para que se generen las reacciones químicas del cemento y también participa como lubricante para brindar movilidad a la mezcla de asiento en estado fresco.

- **Aditivos:** en muchos casos reemplazan a la cal en sus funciones, con similares prestaciones y mayor efectividad, sobre todo ante climas extremos (calor, frío, vientos, etc.)

2.2.4.1 Arena

La Tabla 2.7 indica los límites de granulometría admisibles de arenas para el mortero de asiento, comprendidas entre las gruesas y las finas. De esta manera, se obtienen morteros más cohesivos, con mayor plasticidad y por lo tanto con mejor trabajabilidad.

2.2.5 Tabla de dosificación de la mezcla de asiento recomendada

Si bien precedentemente ya se incluyó otra tabla de proporciones relacionada con la experiencia en obra, también se incorpora la siguiente incluida en las recomendaciones de la NCNA (tabla 2.8).

- La tabla 2.9 indica el tipo de mortero y sugiere su aplicación en función del destino de la pared.

Tabla 2.7 - Granulometría de la arena		
Tamiz		Pasa %
IRAM 4,8 mm	Nº 4	100
IRAM 2,4 mm	Nº 8	95 a 100
IRAM 1,2 mm	Nº 16	70 a 100
IRAM 590 µm	Nº 30	40 a 75
IRAM 297 µm	Nº 50	10 a 35
IRAM 149 µm	Nº 100	2 a 15

Tabla 2.8 -Tabla de proporciones de los materiales de la mezcla de asiento (ASTM 270. Proportion Specification Requirements)

Aglomerantes utilizados	Mortero tipo	Proporciones en volumen de los conglomerantes			Proporciones de Agregados
		Cemento		Cal Hidratada o viva	
		Uso general	Albañilería		
Cemento de uso general y cal	A	1	-	1/4	No menos de 2,25 ni más de 3 veces la suma de los volúmenes de los conglomerantes
	B	1	-	1/4 a 1/2	
	C	1	-	1/2 a 1,25	
	D	1	-	1.25 a 2,25	
Cemento de Albañilería	A	1	1	-	
	B	1/2	1	-	
	C	-	1	-	
	D	-	1	-	

Tabla 2.9 - Aplicación de los distintos tipos de morteros

Mortero tipo	Aplicación sugerida
A	Muros y zapatas de fundación. Muros portantes exteriores con altas cargas de compresión, o cargas horizontales originadas por empuje de suelos, vientos o sismos.
B	Muros portantes sujetos a cargas de compresión, pero que requieren de alta resistencia de adherencia para esfuerzos de corte y/o flexión.
C	Muros portantes o exteriores de mamposterías sobre el nivel del suelo, con cargas moderadas.
D	Tabiques interiores no portantes, divisorios y/o decorativos.

2.2.6. Mezclado adecuado para un buen mortero

Mezclado mecánico:

Es el realizado con hormigonera o "perita", y es más conveniente que el mezclado manual. Este medio de mezclado es el único admisible para los morteros A, B, y C (IRAM) y E, I, N (INPRES-CIRSOC). La secuencia recomendada a seguir es:

- Agregar la mitad de agua necesaria.
- La mitad de la arena.
- Toda la cal (si la dosificación la incluye).
- Todo el cemento y el resto de la arena.
- El resto del agua.
- Dejar que la hormigonera agite el pastón durante 3 minutos a 5 minutos hasta alcanzar la consistencia requerida.

Mezclado manual:

Utilizado únicamente para pequeñas cantidades, siendo los pasos a seguir los siguientes:

- Distribuir la arena en la caja de batido, bandeja o carretilla.
- Sobre la arena distribuir el cemento y la cal.
- Mezclar los materiales en seco.
- Agregar agua hasta lograr una consistencia uniforme, asegurando que la cantidad no sobrepase la necesaria.
- Lograda la consistencia, dejar reposar durante 5 minutos y mezclar nuevamente con la pala, agregando agua en caso de ser necesario.

Nota: Cuando se requiera corregir un exceso de agua en la mezcla de asiento, la manera correcta es hacerlo en forma proporcional, es decir, no solo agregar arena sino también cemento y cal, respetando así las dosificaciones detalladas anteriormente. Ver rendimiento de mortero en la Tabla 2.10.).

2.2.7 Color

Los pigmentos de color utilizados en el mortero de asiento son generalmente óxidos minerales o negro de carbón (negro de humo). Los óxidos de hierro se usan para obtener los colores rojo, amarillo y marrón. El óxido de cromo es el necesario para generar el color verde y el óxido de cobalto para el azul.

La cantidad de pigmento a agregar depende del color e intensidad deseada, así como también de la dosificación de la mezcla y el color de los demás componentes, aunque suele variar entre 0,5% y 7% para los óxidos minerales, y entre 0,5% y 3% para el negro de humo. Estos porcentajes se calculan sobre la masa del cemento incorporado a la mezcla.

El tiempo de mezclado debe ser lo suficientemente largo como para obtener un color uniforme, y este tiempo debe repetirse en cada pastón preparado en obra.

Es recomendable no utilizar morteros pigmentados que deban ser remezclados. También se debe utilizar siempre el mismo pigmento en toda la obra para garantizar un color uniforme. Es importante que dicho pigmento sea agregado por bolsa completa de cemento, para garantizar dicha uniformidad en todas las juntas del proyecto en ejecución.

2.3.- Microhormigón de relleno (Grout y morteros finos)

El microhormigón (también llamado "grout") es uno de los elementos fundamentales en la mampostería reforzada, y debe presentar ciertas características particulares para cumplir adecuadamente la función a la que se lo destina.

En base a lo definido en la norma IRAM 1712, podríamos decir que se trata de una mezcla de cemento de uso general (de aplicación estructural) y agregados, con una elevada fluidez que facilita "su colocación, sin segregaciones, rellenando los huecos o cavidades de los bloques".

Tabla 2.10 - Rendimiento del mortero de asiento según el tipo de mampostería

	Tipo de mampostería	Consumo de mortero (l / m ² de pared)
1	BH con revoque interior	0.017
2	BH con revoque interior y exterior	0.022
3	Ladrillo cerámico con revoque en dos caras	0.060
4	Ladrillo común con revoque en dos caras	0.121
5	Ladrillo común con revoque en 1 cara y la otra, vista	0.101

Las funciones del Grout en la mampostería estructural son:

- Rellenar y unir partes adosadas cuando así son diseñadas.
- Aumentar la sección transversal de la pared, para ayudar a resistir cargas verticales y laterales de corte.
- Transferir esfuerzos de la mampostería al acero de refuerzo, cuando la pared está sujeta a sollicitaciones laterales de viento, sismo u otras.
- Recubrir las barras de acero alojadas en cavidades horizontales o verticales.

El espacio a rellenar, así como la altura de vertido del microhormigón, son los dos condicionantes físicas para la elección del microhormigón a utilizar: fino o grueso.

La Tabla 2.11 incluye un ejemplo de dosificación para microhormigón.

Tabla 2.11 Dosificación de microhormigón

H 15 (150 kg/cm ²) - Asentamiento: 20 cm Tamaño máximo agregado: 9,5 mm		
	Volumen	Peso
Cemento	1	365 kg
Arena gruesa	1,6	586 kg
Arena fina	2,5	335 kg
Grancilla	0,9	753 kg
Agua	2	205 l

La Tabla 2.12 es una guía orientativa del tipo de grout a utilizar según las dimensiones de las celdas a colar.

La Tabla 2.13 muestra las proporciones del microhormigón de relleno, en volumen, compuesto por áridos finos o gruesos.

2.3.1 Resistencia a la compresión

El microhormigón deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 14 MPa (140 kg/cm²) a los 28 días y, como regla general, no superará en un

Tabla 2.12 - Guía para la clasificación del tipo de grout a utilizar

Tipo de grout	Altura máxima. de colado del grout (m)	Dimensión mínima de la celda		Requerimiento de ventana de limpieza
		Ancho del espacio a colar (cm)	Dimensiones de la celda a colar (cm x cm)	
Fino	0.30	2	4 x 5	NO
	1.50	4	4 x 5	
	2.40	4	4 x 6	SI
	3.60	4	4.5 x 8	
	7.20	5	8 x 8	
Grueso	0.30	4	4 x 6	NO
	1.50	5	6.5 x 8	
	2.40	5	8 x 8	SI
	3.60	6	8 x 8	
	7.20	8	8 x 10	

Tabla 2.13 - Proporción en volumen de los áridos a utilizar según tipo de grout

Tipo de grout	Partes de cemento en volumen	Agregado medido en condición húmedo/suelto	
		Fino	Grueso
Fino	1	2 ¼ a 3	-
Grueso	1	2 ¼ a 3	1 a 2

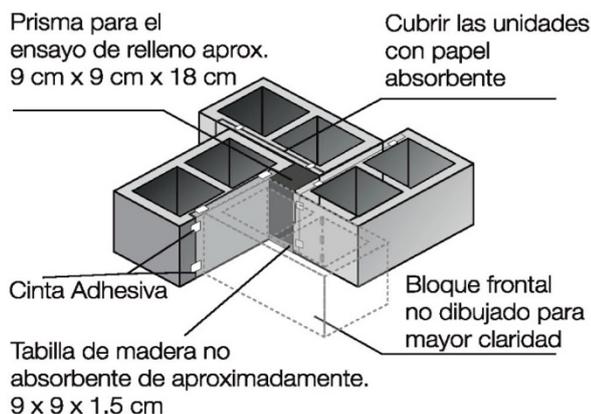
20 % la resistencia de la mampostería dada por el área neta del bloque.

Alojado el microhormigón en el interior de la mampostería, perderá agua debido a la absorción de las unidades, entonces la relación agua/cemento bajará, beneficiándose con un posterior incremento de la resistencia del microhormigón.

Durante el período de fraguado y endurecimiento, la humedad retenida en la periferia de la mampostería asegurará las condiciones óptimas necesarias para la necesaria hidratación del cemento.

Los valores de resistencia del grout se verifican moldeando probetas prismáticas según norma IRAM 1712, las que pueden obtenerse entre cuatro **BH** enfrentados, forrados con papel secante tal como se muestra en la siguiente figura.

De esta manera, se tienen valores de resistencia del grout representativos de los reales, dado que no dependerán solamente de las dosificaciones, sino también de las condiciones reales de absorción de las unidades.



2.3.2 Procedimiento del ensayo de la probeta a la compresión axial

- Cada probeta de grout tendrá una sección transversal cuadrada de 75 mm de lado o mayor, siendo la altura el doble de la medida de los lados.
- Se llenará el molde con grout en dos capas. Se compactará cada capa con 15 golpes de varilla con punta redondeada. Se compactará la capa inferior a través de todo su espesor sin golpear el fondo.
- La segunda capa se coloca con un exceso de 5 mm sobre el borde de los bloques, y se la compactará penetrando unos 10 mm en la capa inferior. Los golpes deben distribuirse

uniformemente sobre toda la sección transversal de la probeta.

- Se preparan 3 probetas por cada tipo de grout, por cada 140 m³ de material, y también por cada cambio de dosificación de la mezcla.
- Para preparar 3 probetas se extraerán como mínimo 15 litros de grout.
- Se debe mantener húmeda la superficie de la muestra, sin moverla ni golpearla, durante 48 horas como mínimo.
- Se debe evitar que las muestras queden sometidas a temperaturas extremas. Luego de 48 h, se desmoldan y se transportan al laboratorio, manteniéndolas húmedas en un recipiente que las proteja de golpes o vibraciones y a temperatura normal de laboratorio.

2.3.3 Mezclado

El grout debe ser mezclado en obra por, al menos, tres minutos para asegurar una distribución uniforme de todos sus ingredientes, pero no más de 10 minutos para evitar su segregación.

Se debe adicionar suficiente cantidad de agua en el proceso de mezclado como para obtener un asentamiento medido en cono de Abrams (norma IRAM 1536) de entre 18 y 20 cm. Este elevado asentamiento es necesario para el grout ya que debe fluir fácilmente dentro de espacios relativamente pequeños generados dentro de la mampostería.

El exceso de agua es absorbido por los bloques, humedad que colaborará en el proceso de curado del hormigón de relleno.



2.3.4 Aditivos

Los aditivos utilizados en el grout proveen determinadas propiedades deseadas. Cuando son utilizados en obra deben ser aprobados previamente por la dirección de la obra. En este caso se utilizan tres tipos de aditivos:

- Los que compensan la contracción por secado y química de la pasta de cemento del grout
- Un superplastificante para obtener un asentamiento importante con reducción del agua presente en el grout.

2.3.5 Componentes anticongelantes

La mayoría de los componentes anticongelantes son, en realidad, aceleradores de fragüe que incrementan la temperatura de la mezcla, aumentando la velocidad del proceso de hidratación.

Nota importante: estos aditivos anticongelantes no deben ser usados en el grout ni en el mortero de asiento si contienen cloruros, sales, u otras sustancias similares.

2.4 Armaduras de refuerzo estructurales y para el control de la fisuración

2.4.1 Características de los aceros de dureza natural

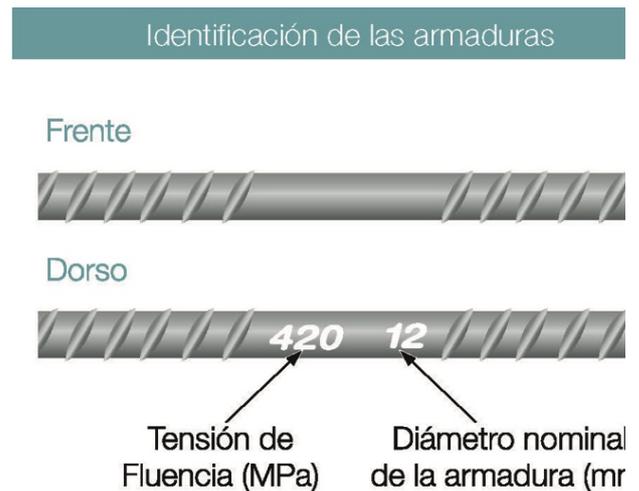
Las barras de acero de dureza natural, fabricadas según norma IRAM-IAS U500-528, obtienen sus propiedades mecánicas a partir de su composición química.

2.4.1.2. Forma de entrega en obra e identificación

En la mampostería reforzada de bloques de hormigón, se utilizan varillas conformadas de diámetros convencionales las que se presentan en el mercado de la forma indicada en las Tablas 2.14 y 2.15.

2.4.1.2.1.- Identificación

En nuestro medio las barras se identifican de la siguiente forma:



2.4.1.2.2 Identificación de los diámetros

Identificación de los diámetros	
Verde	∅ 6 mm
Rojo	∅ 8 mm
Azul	∅ 10 mm
Blanco	∅ 12 mm
Naranja	∅ 16 mm
Violeta	∅ 20 mm
Negro	∅ 25 mm
Celeste	∅ 32 mm
Marrón	∅ 40 mm

Tabla 2.14 - Descripción de las barras de refuerzo

Presentación	Forma de entrega	Diametros (mm)
Barras de 12 m	A granel	$6 \leq \varnothing \leq 40$
Cortado y doblado	Según Planilla	$6 \leq \varnothing \leq 40$

Tabla 2.15 - Principales características (Diámetro, perímetro y peso)

Valores Nominales			Peso barra 12 m (kg)	Secciones nominales / número de barras (cm ²)										Ø mínimo mandril de doblado (cm(1))
Ø (mm)	Perímetro (cm)	Peso (kg/m)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6	1.88	0.222	2.6	0.28	0.56	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.83	2.40 (4 Ø)
8	2.51	0.395	4.8	0.50	1.00	1.51	2.01	2.51	3.01	3.52	4.02	4.52	5.03	3.20 (4 Ø)
10	3.14	0.617	7.4	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	4.00 (4 Ø)
12	3.77	0.888	10.7	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.31	4.80 (4 Ø)
16	5.03	1.58	18.9	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.10	20.11	6.40 (4 Ø)
20	6.28	2.47	29.6	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.84	21.99	25.14	28.27	31.42	14.00 (6 Ø)
25	7.85	3.85	46.2	4.91	9.82	14.73	19.64	25.55	29.46	34.37	39.28	44.19	49.10	17.50 (6 Ø)
32	10.1	6.31	75.7	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.26	56.30	64.34	72.38	80.42	22.40 (6 Ø)
40	12.6	9.86	118.0	12.57	25.13	37.70	50.26	62.83	75.40	87.96	100.53	113.12	125.66	----

Fuente: Acindar

2.4.2 Refuerzo vertical

Las barras se alojan dentro de las cavidades continuas formadas por la coincidencia vertical de los huecos de cada uno de los **BH**, sin importar si la junta es trabada o vertical continua, ya que las unidades no tienen "tapa", siempre y cuando se haya respetado la modulación de la 16, 26 hilada y sucesivas.

Las armaduras deben estar empotradas en la fundación (platea, viga, etc.) y separadas entre sí a distancias que deben ser múltiplo de 20 cm.

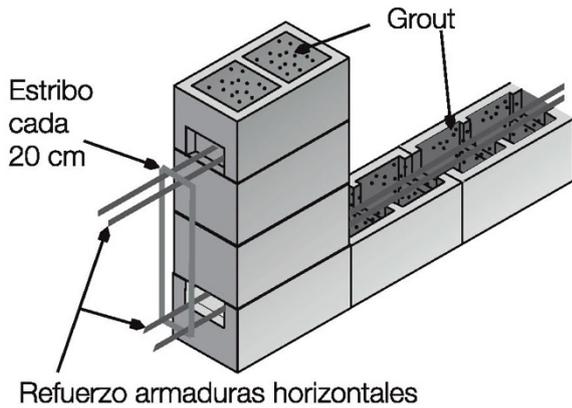


2.4.3. Refuerzo horizontal

Las cavidades formadas en este sentido se logran mediante el uso de bloques rebajados en el centro (RC), lo cual permite armar vigas, encadenados y/o dinteles dentro de la mampostería, vinculándolas con los encadenados verticales o columnas, ya que los huecos son pasantes y permiten la distribución en vertical.

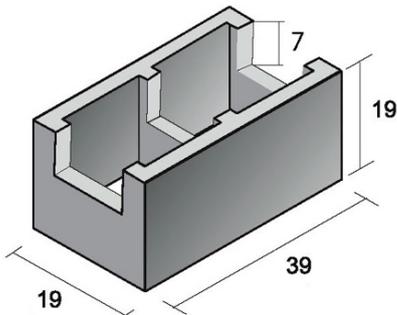
En el esquema siguiente se puede observar el ejemplo de una viga de cuatro hiladas de alto, reforzada longitudinalmente en compresión y tracción, con estribos cada 20 cm. y colada con grout. Cuando se utilizan **BH** de centro rebajado, cuyos huecos están abiertos por debajo, debe colocarse papel alquitranado tipo ruberoid o metal desplegado para confinar el grout.

Viga de BH

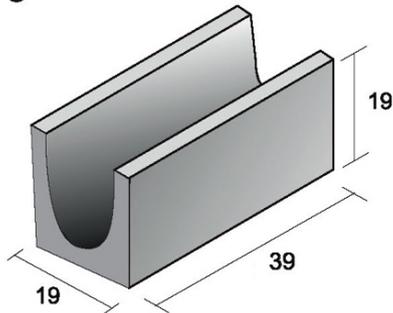


También existen **BH** en "U" con fondo ciego que se fabrican en 20 cm o 40 cm de largo; éstos se utilizan en dinteles y no requieren "encofrar" su parte inferior, pero no permiten el paso de las armaduras verticales ni el colado del grout.

Bloque con Rebaje Central



Bloque "U"



NOTA: Medidas en centímetros

2.4.4 Armadura secundaria de junta

Siempre la mampostería de hormigón requiere que se prevea la incorporación de armaduras de junta embebidas en el mortero de asiento, con el objeto de controlar la fisuración por contracción de los **BH**.

Su presencia garantiza que las tensiones de tracción que se pudieran generar en la pared sean controladas por estas barras de refuerzo de juntas, ya que mantendrán unidas a las fisuras potenciales.

Además, su presencia es tenida en cuenta como parte de la sección total de armadura horizontal requerida por la "cuantía mínima" establecida en el reglamento, por la acción de las cargas verticales (gravitatorias de peso propio y sobrecarga) o por la acción de cargas horizontales (viento o sismo).

Su diámetro surge de la fórmula siguiente:

$$e = 2 \times db$$

e = espesor de la junta (aproximadamente 10 mm)

db: diámetro de la barra.

De allí entonces que se pueden utilizar barras ϕ 4,2 mm o ϕ 6 mm. No se recomienda el uso de barras ϕ 8 mm por quedar más expuestas a la corrosión por falta de recubrimiento.

2.4.3.1.- Malla electro-soldada (escalerilla de refuerzo)

Para facilitar su colocación en obra se recomienda utilizar armaduras longitudinales electro-soldadas a travesaños o estribos transversales, para asegurar que se mantengan en una posición constante dentro del ancho de la junta del bloque, sin deformaciones transversales que las desplacen hacia fuera o hacia adentro de la pared.

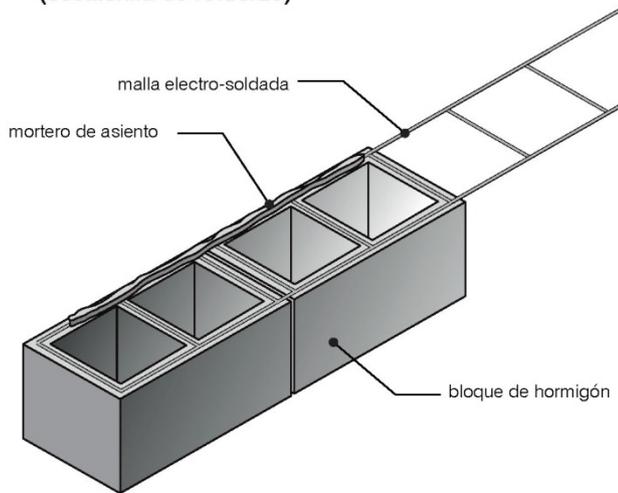
Los travesaños deben coincidir con los tabiques transversales de los **BH**, evitando que interfieran con la sección del hueco vertical.

En el mercado se consiguen mallas electrosoldadas que, convenientemente cortadas, permiten obtener estas "escalerillas" de refuerzo horizontal.

Estas mallas se fabrican según el diseño exacto que requiera el proyecto. Las variables necesarias para definir una malla según especificación son:

- Largo y ancho del panel
- Salientes
- Especificaciones (diámetros y separaciones)

**Malla electro-soldada
(escalera de refuerzo)**



Elementos del diseño Arquitectónico y Estructural

#3

3. Elementos del diseño arquitectónico y estructural

3.1 Patrones de colocación

La mampostería de **BH** texturados a la vista brinda una atractiva terminación superficial, tanto al exterior como al interior de viviendas, escuelas, iglesias, edificios públicos y comerciales.

Una de las principales características que hacen a su aceptación, por parte de arquitectos y proyectistas, es la existencia de una amplia gama de tamaños, formas, texturas y colores de los bloques de hormigón con los que se puede lograr una amplia variedad de efectos arquitectónicos, ya sea variando el patrón de colocación de las unidades y/o aplicando diferentes tratamientos al mortero de 1as juntas.

Si se pretende lograr un efecto de continuidad horizontal, es recomendable utilizar **BH** de 10cm de alto por 40 cm de largo. Este bloque de "media altura" es muy popular en EEUU y también es producido por algunos de los fabricantes locales. En cambio, si fuera de interés lograr un efecto de continuidad vertical, se sugiere utilizar los **BH** enteros colocados uno arriba del otro, de manera que la junta vertical sea continua en todo el alto de la pared.

Los **BH** se pueden asentar a junta trabada, en sentido diagonal o en forma aleatoria, de manera de lograr cualquier efecto buscado. Es importante destacar que

cuando las unidades se solapan más de un cuarto de su largo, la pared se considera a junta trabada.

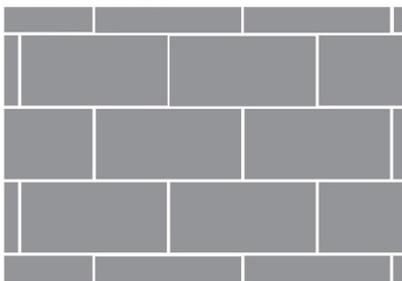
Por razones de resistencia del conjunto, cuando se levanta un muro de **BH** a junta "no trabada" (junta continua vertical) se deberán reforzar todas las hiladas con armadura secundaria de junta embebida en el mortero de asiento, tal como se detalla en el capítulo 4.

En lo que se refiere al tratamiento de las juntas, en algunos casos se acentúa el hundimiento del mortero en todas ellas para resaltar las unidades. En otros solamente se rehunden las horizontales, rellenándose las juntas verticales con mortero adicional luego de su rehundido, con una textura similar a la del hormigón del bloque. Este tratamiento hace que las juntas horizontales resalten hacia afuera dando un efecto de relieve, remarcando fuertemente las líneas horizontales.

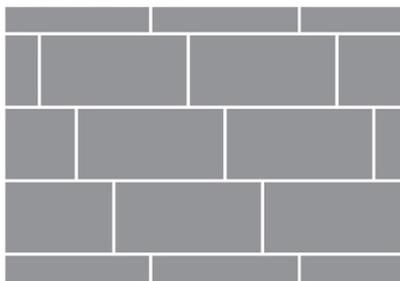
A modo de ejemplo, en la figura siguiente se indican una serie de patrones (forma o modo en que quedan colocados los **BH**) posibles. Algunos de ellos pueden crearse, además, proyectando hacia afuera o hacia adentro las caras de algunas de las unidades que forman parte de la superficie total de la pared.

Existen dos formas de colocar los **BH** en lo que se refiere a la existencia, o no, de una traba de la junta vertical resultante. Naturalmente, la mampostería debería ser levantada a junta trabada por una cuestión de resistencia de conjunto; sin embargo es posible, construir la pared con junta continua vertical siempre y

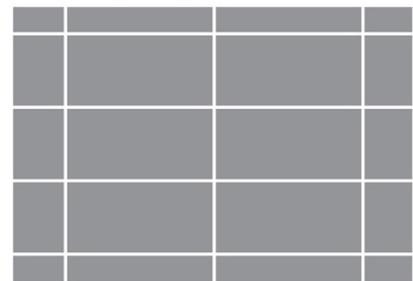
Junta trabada
20 x 20 x 40



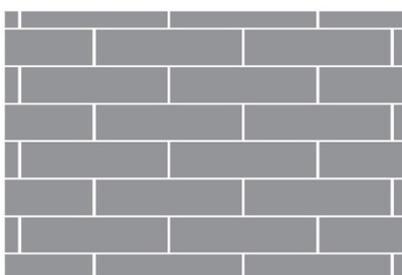
Junta trabada desplazada
20 x 20 x 40



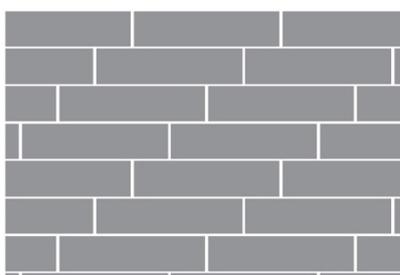
Junta continua vertical
20 x 20 x 40



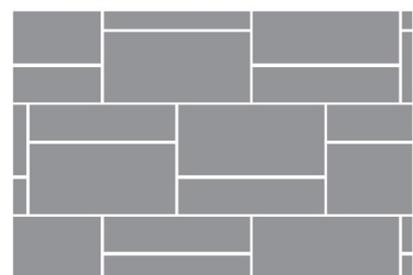
Junta trabada
20 x 10 x 40



Junta trabada desplazada
20 x 10 x 40



Combinación 20 x 20 x 40 con 20 x 10 x 40



cuando, como ya se dijo, se coloque una armadura secundaria de junta de 4,2 mm en todas las hiladas.

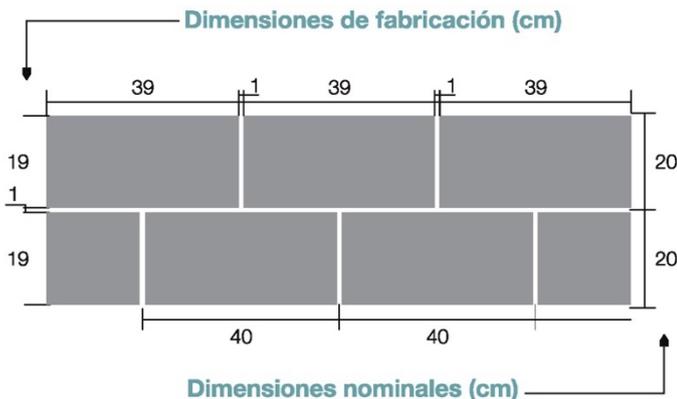
3.2 Coordinación modular

3.2.1 Introducción

El sistema constructivo con **BH** es fundamentalmente modular. Esto significa que, basándose en un módulo básico, los vanos a cubrir deben tener una dimensión que sea múltiplo de 20 cm, lográndose de esa forma la utilización de elementos enteros y evitando, por lo tanto, el corte de bloques en obra, con la consiguiente economía de materiales y una marcada aceleración en la construcción.

Al eliminarse la modificación y adaptación de piezas en obra, el albañil se limita entonces al montaje de las unidades (colocación de los **BH**) en sus correspondientes hiladas y elementos funcionales (p.e. vigas y columnas de bloques de hormigón).

Resumiendo, la coordinación modular es fundamental para desarrollar en forma rápida y económica el sistema constructivo de la mampostería de **BH**. Esta responsabilidad recae en el proyectista de la obra al momento de desarrollar los planos de detalles.



3.2.2. Dimensiones nominales y de fabricación

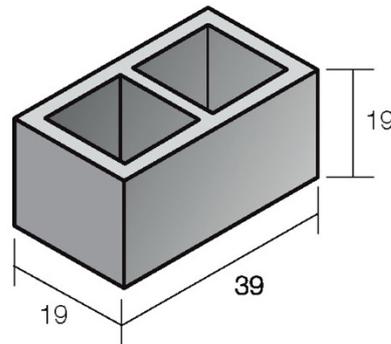
Las dimensiones de los **BH** han sufrido modificaciones desde su aparición en el mercado de la construcción a comienzos del siglo XX, para concluir en las medidas actuales del bloque estándar: 20 x 20 x 40 cm (ancho x alto x largo).

Estas dimensiones corresponden a sus medidas nominales, siendo sus medidas reales de fabricación, un centímetro menor en cada sentido (19 cm x 19 cm x 39 cm). Por lo tanto, el espesor de las juntas verticales y horizontales deben ser de 1 cm, ya que al ser colocados en las sucesivas

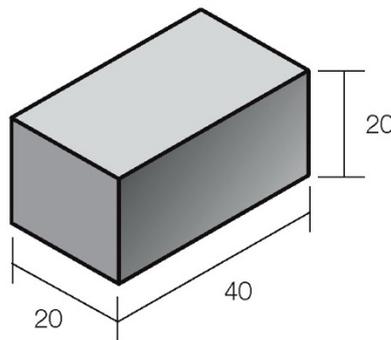
hiladas se genera un largo, altura y ancho de la pared que será múltiplo del módulo básico (20 cm).

En las figuras que siguen se esquematizan las medidas nominales y las de fabricación (o especificada por el fabricante) de la unidad, así como la vista de una pared de bloques colocados a junta trabada, y la diferencia que existe entre las medidas nominales y las de fabricación.

Dimensiones de fabricación (cm)



Dimensiones nominales (cm)



El **BH** que más comúnmente se utiliza en Argentina es el denominado 20 x 20 x 40 cm, siendo posible también contar con unidades de 10, 13, 15 y 30 cm de ancho nominal. La dimensión que permanece constante es su largo nominal de 40 cm y el de sus mitades (20 cm).

Los medios bloques de 20 cm de largo (20 x 20 x 20) se fabrican como elementos complementarios, para conveniencia del albañil al momento de completar el modulo múltiplo de 20 cm, evitando el corte de piezas en obra.

Existen también algunos fabricantes que producen un bloque entero con su tabique central transversal debilitado, de manera tal que el albañil pueda generar el bloque mitad en obra mediante el corte de dicho tabique con un golpe de martillo. Sin embargo, su uso no se ha generalizado.

3.2.3 Tolerancia en las medidas

La norma IRAM 11561-3 "Bloques Portantes de Hormigón" establece en su punto 3.3 - "Tolerancias en las medidas", especificando que: las medidas totales del ancho, alto y largo de las unidades deben diferir en no más de ± 3 mm de las medidas especificadas. Es importante aclarar que las medidas especificadas de los **BH** son aquellas designadas por el fabricante. Como se ha mencionado previamente, las medidas reales son la resultante de las medidas especificadas por el fabricante, más el espesor de la junta de mortero.

Este requisito es de gran importancia, sobre todo en los casos donde el paramento quedará expuesto al exterior, ya que las juntas verticales y horizontales del mortero de asiento deben resultar rellenas, uniformes y rehundidas (ver imagen).

Pared correctamente modulada con juntas de mortero horizontales y verticales bien rellenas.



3.2.4 Importancia de la regularidad de las medidas exigidas por norma

Cuando no se respeta la tolerancia en las medidas de los **BH**, se traslada el problema a la obra, ya que el albañil no podrá mantener el módulo del espacio a rellenar con los bloques y, como consecuencia de ello, las juntas verticales no mantendrán el centímetro requerido en la junta de mortero, afectando así no sólo la apariencia del muro, sino también su comportamiento mecánico (disminución de la resistencia a la compresión axial).

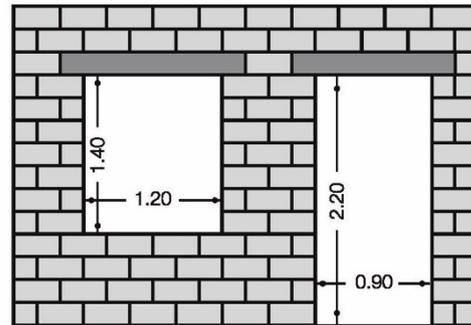
3.2.5 Ejemplos prácticos

A continuación se indican dos ejemplos para una misma pared.

El primero ha sido correctamente modulado, ya que las aberturas y los tramos de muro respetan el módulo de 20 cm. Como se observa, no es necesario realizar cortes de bloques en obra. También se ha

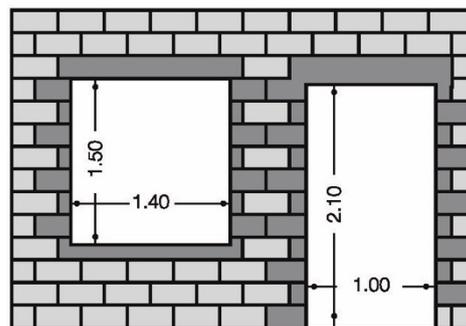
previsto el uso de dinteles prefabricados, cuyas dimensiones también respetan al módulo básico.

Proyecto correctamente modulado



VISTA

Proyecto mal modulado



VISTA

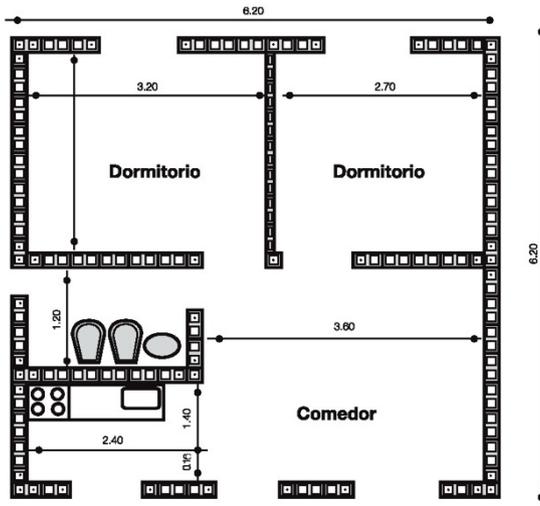
El segundo ejemplo muestra todo lo que no hay que hacer al modular una pared con sus vanos. La resultante es un corte masivo de bloques alrededor de la puerta y la ventana, con la consiguiente distorsión del sistema constructivo.

3.2.5.1 Recomendaciones prácticas para el proyectista

Al momento de diseñar la planta del edificio es aconsejable guiarse con una grilla de módulo 20 cm en escala 1:50, para poder definir claramente las unidades incluidas en la primera y segunda hilada y los vanos (aberturas y vacíos) resultantes.

Ejemplo de una planta de unavivienda unifamiliar (40 m) adaptada a la mampostería de bloques de hormigón.

En este caso, la planta ha sido diseñada en una grilla de 20 cm x 20 cm, dibujando cada uno de los bloques de la primera hilada con las juntas verticales incluidas. Esto permite verificar que no se generen cortes en ningún punto de la misma, y que las puertas y ventanas tengan un ancho (modulación horizontal) también múltiplo de 20 cm.



Es importante destacar que los tabiques no portantes no se traban con los muros portantes, previéndose para ello una junta continua vertical en la unión de los mismos, la que es comúnmente conocida como junta de control "JC" (ver punto 3.3 - Juntas de Control).

El desarrollo del esquema previo de la segunda hilada también es de fundamental importancia, ya que permite conocer a priori el desplazamiento de las unidades y la inclusión de los medios bloques en caso de que se trate de un muro a junta trabada verticalmente.

Este mismo esquema es utilizado como guía y plano de obra por el albañil, quien debe presentar la primera hilada a junta seca antes de pegar las unidades, respetando el ancho de la junta vertical de 1 cm (ver foto).

Verificación de la 1ª hilada de junta seca

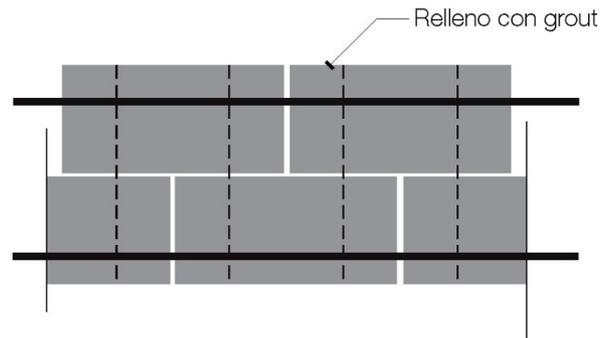


Una correcta modulación en obra permite, además, replantear correctamente las barras verticales previstas en el plano de la estructura.

3.2.5.2 Modulación de los elementos estructurales (vigas y columnas)

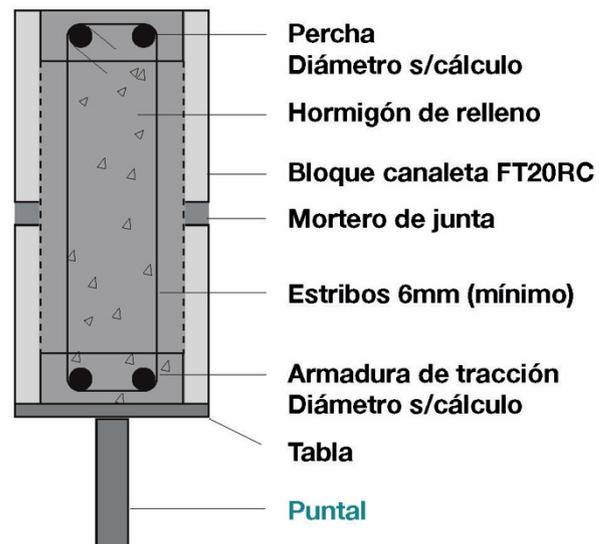
También es necesario aplicar los mismos principios de modulación cuando se proyecta una viga o columna con **BH**. A continuación se esquematiza una viga de bloques de dos hiladas de alto, correctamente armada con barras horizontales y estribos.

Detalle viga de bloques



Estas vigas son análogas a las de hormigón armado, pero su principal diferencia es que no se necesita un encofrado independiente, ya que el **BH**, además de contribuir a la resistencia del conjunto, cumple las funciones de molde.

Corte de una viga de bloques



3.2.6 Resumen

- Siempre se debe modular la planta y los cortes de la vivienda.
- Las aberturas, incluyendo sus marcos, deben calzar libremente en el vano vacío.
- En caso de utilizar dinteles premoldeados de hormigón o de otro material, éstos deben respetar también el módulo básico.
- Análogamente, la coordinación de la ubicación de las cañerías de electricidad, conductos y armaduras de refuerzo vertical alineados con los huecos de los bloques, reducen también la necesidad de cortar los **BH** en obra.
- Se deben verificar las medidas de los BH antes de ser colocados en la pared, especialmente si provienen de distintos fabricantes, evitando utilizar aquellos que presenten $\pm 3,5$ mm de variación en sus medidas, especialmente en su largo.
- El arranque en la primera hilada es fundamental para una correcta modulación, ya que sobre ella se apoya el desarrollo de toda la obra posterior. De allí que se recomienda la presencia del profesional a cargo de la obra, para dirigir y supervisar esta primera etapa.

3.3 Juntas de Control Concepto general

3.3.1 Introducción

Las fisuras en los materiales de un edificio son el resultado de un movimiento restringido. Este movimiento puede originarse dentro del material, debido a cambios de volumen por pérdidas o ganancias de humedad, expansión o contracción por variaciones térmicas en su masa, o pueden también ser debidos a movimientos transmitidos por elementos adyacentes de soporte, tales como flexión de vigas o losas. En muchos casos, este movimiento es inevitable y debe ser prevenido y controlado.

Para poder alcanzar un control adecuado de la fisuración se requiere comprender el origen de las tensiones que la producen. Sin embargo, la fisuración generalmente resulta de una combinación de factores; a continuación se presenta un detalle de cada caso.

3.3.2 Causas de la fisuración

Las causas más comunes que producen fisuración en la mampostería son:

a) Contracción y restricción al movimiento

La fisuración se debe a la contracción lineal por secado de los bloques, a las fluctuaciones de la temperatura y a la carbonatación, cuando el panel se encuentra restringido al movimiento.

El hormigón es un material compuesto por un esqueleto granular embebido en una matriz de pasta de cemento, que le confiere movilidad a la mezcla en su estado fresco y proporciona adherencia, cohesión, resistencia y rigidez en el estado endurecido. Una vez que se produce el fraguado del hormigón, esa matriz se encuentra sujeta a cambios de volumen por variación en el contenido de humedad, especialmente debidos a los cambios de volumen que experimenta la matriz cementícea ante tales variaciones de humedad.

De todos los elementos que componen a una pared de **BH** (mortero, grout, mampuestos), los **BH** son los que predominan en mayor proporción, y por lo tanto son los que inciden principalmente en este fenómeno de la contracción lineal por secado. Consecuentemente, el criterio para el diseño del control de la fisuración depende de las propiedades de la contracción de los **BH**.

La magnitud en que se contrae un bloque está influenciada por su contenido de humedad al momento de su colocación en la pared, como así también por las características de su fabricación: tipo y tenor de cemento, tipo de agregado, densidad y tipo de curado, entre otros factores.

Específicamente, la contracción por secado está influenciada por los siguientes factores:

- Paredes construidas con **BH** "verdes" o recientemente moldeados experimentarán mayor contracción que con bloques "secos" (previamente estacionados).
- Una mayor proporción de pasta de cemento conlleva genéricamente a una mayor contracción por secado.
- El uso de agregados susceptibles de sufrir cambios de volumen en presencia de humedad contribuye a una menor estabilidad volumétrica.

BH que ya han pasado por al menos un ciclo de secado no sufrirán mayores contracciones en posteriores ciclos de secado.

Los coeficientes de contracción, en un muro de 30 m de largo, varían generalmente entre 6 mm y los 14 mm.

b) Cambios de temperatura

Los cambios de volumen en la mampostería son directamente proporcionales a las variaciones de temperatura. En función a la ubicación geográfica de la obra, el grado de exposición de la mampostería a la radiación solar y el color del paramento influyen en las ganancias externas de calor, y por lo tanto también en los cambios de volumen que tenderá a experimentar la estructura.

Por ejemplo, una pared de 30 m de largo construida durante una temperatura ambiente de 21 °C y sometida luego a una temperatura de 0 °C, sufrirá un acortamiento (contracción por temperatura) de 5,1 mm utilizando un coeficiente de variación térmica igual a $8,10 \times 10^{-6}$ mm/mm. °C.

c) Carbonatación

La carbonatación es una reacción irreversible entre los materiales cementíceos y el dióxido, que ocurre en forma lenta y a lo largo de la vida en servicio de la estructura.

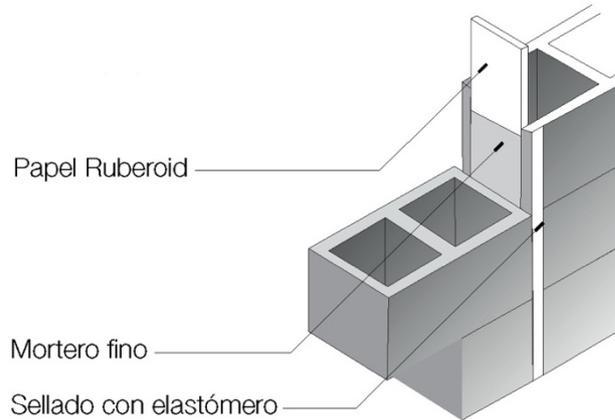
Convencionalmente se adopta un coeficiente de variación dimensional de la mampostería de hormigón por efecto de la carbonatación de $2,5 \times 10^{-4}$ mm/mm. Esto implica un acortamiento de 7,6 mm para una pared de 30 m de largo.

3.3.3 Juntas de control

Como los movimientos son inevitables debido a las causas antes mencionadas, sus efectos deben ser controlados mediante la disposición de juntas debidamente localizadas (juntas de control del movimiento), disponiendo además armaduras de refuerzo que tiendan a mantener cerradas las grietas y fisuras (por ejemplo, armaduras secundarias de junta de asiento).

Las juntas de control debidamente diseñadas en el muro tienen la función de dividir e independizar los diferentes paños, de forma tal que, si éstos sufren movimientos longitudinales debidos a efectos de contracción, lo hagan en forma independiente evitando la aparición de fisuras.

Junta de control resistente al corte transversal



La ubicación de estas juntas de control debe ser tal que su separación no supere los 12 m, criterio que se considera aplicable a situaciones normales de temperatura y humedad. Sin embargo, éste debe ser revisado cuando se trate de condiciones que no sean las normales, y cuando no se disponga de **BH** que garanticen un contenido de humedad adecuado al momento de su colocación.

En general, la distancia de separación entre juntas de control está en función de las siguientes variables:

- La contracción lineal por secado del tipo de BH utilizado
- El contenido de humedad del BH al momento de su colocación
- Las variables climáticas locales (humedad relativa promedio anual)
- La forma del muro y su vinculación con otros elementos constructivos (columnas, vigas de encadenado, etc.)

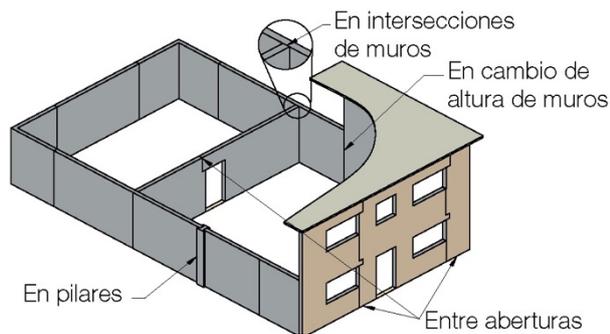
El uso de refuerzos horizontales y de armadura secundaria embebida en el mortero de asiento, aumentará la separación entre las juntas de control e incrementará la resistencia a la tracción del muro.

3.3.4 Ubicación de las juntas de control

Preferentemente, las juntas de control se ubicarán en el plano vertical de separación de las partes de los muros sujetos a diferentes solicitaciones, tales como las que se detallan a continuación (ver esquema más abajo):

- En los cambios de altura del muro
- En los cambios de espesor del muro
- En los costados de los vanos
- En coincidencia con las juntas de construcción de fundaciones y techos.

Casos habituales de juntas de control



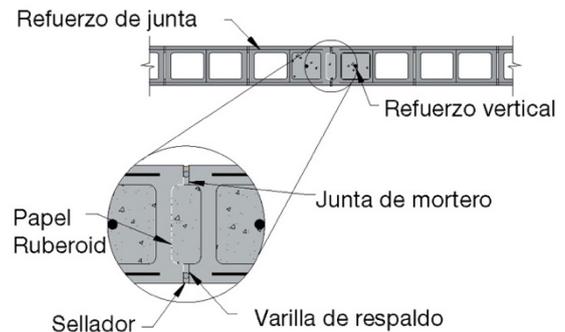
Cuando no se dispongan localmente de antecedentes experimentales, ni de datos suficientes para el cálculo de las separaciones de las juntas de control, se recomienda tomar como referencia los valores máximos de la Tabla 3.9.

NOTA: Los valores indicativos de la tabla 3.9 son recomendados para bloques de hormigón colocados con contenido de humedad máxima según la Tabla 3.10.

Ejemplo: Para un muro de 3,5 m de altura (H), sin refuerzo horizontal, la separación (L) de juntas de control debería ser de:

$$L/H = 2 \quad L = 2 \times H = 2 \times 3,5 \text{ m} = 7 \text{ m}$$

Materialización de una Junta de Control (espesor 1 cm) con papel tipo "Ruberoid". También puede realizarse con una plancha de PEE ("Telgopor") y posterior sellado



Aspecto de una junta de Control en un muro de bloques símil piedra sin calafatear con un material elástico

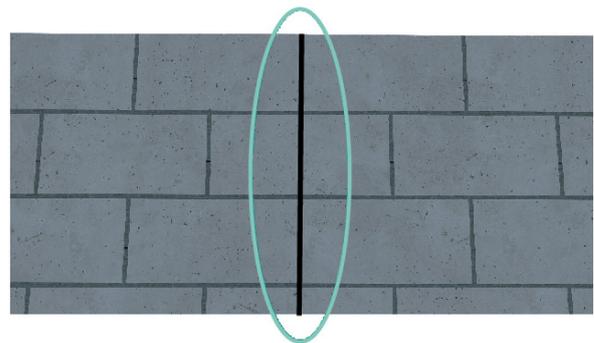


Tabla 3.9 - Cálculo de distancias para Juntas de Control

Distancia máxima de juntas horizontales reforzadas	Distancia máxima de juntas verticales de control	
	Relación longitud/altura de la pared	Largo del panel (m)
Sin refuerzo	2	12 m
60 cm	2,5	13,5 m
40 cm	3	15 m
20 cm	4	18 m

Tabla 3.10 - Contenido recomendado máximo de humedad de los BH al momento de su colocación

Contracción lineal por secado de los bloques (%)	Condiciones de humedad relativa ambiente promedio en el lugar de uso		
	Húmedo > 75%	Intermedio 50% a 75%	Arido > 50%
C < 0,030	45	40	35
0,030 a 0,045	40	35	30
0,045 a 0,060	35	30	25

3.4 Diseño estructural Conceptos generales

3.4.1 Introducción

El sistema constructivo de la mampostería estructural con BH consiste en un conjunto de muros que, además de servir como divisorios de los espacios, resiste las cargas verticales de peso propio y resisten sobrecarga móvil, como así también las reacciones de las losas de entrepiso sometidas a empujes horizontales (viento, sismo, etc.). El uso de la mampostería como elemento estructural comprimido es una de las más antiguas formas de construcción encaradas por el hombre.

En el siglo XIX la mampostería estructural, dimensionada a partir de bases empíricas, resultaba en anchos excesivos de las paredes. El sistema sufrió una gran declinación hasta la Segunda Guerra Mundial, retomando nuevamente impulso a partir de la década del 50.

En Argentina, su utilización en forma más extendida se produce a partir de 1980, en forma coincidente con el desarrollo de la industria del BH de calidad, y la creación de un marco normativo-reglamentario para las construcciones sismorresistentes (Reglamento INPRES-CIRSOC 103, Parte III "Construcciones de Mampostería), que si bien es de aplicación a zonas de riesgo sísmico, brinda un marco técnico para el desarrollo del sistema.

3.4.2 Ventajas de la mampostería estructural

Las evidentes ventajas de la mampostería estructural de BH se desprenden del hecho de que un mismo elemento, el BH, cumple simultáneamente con tres funciones diferentes: cerramiento, estructura y textura. Además, en este caso, la mampostería aparte de actuar como elemento divisorio, sustituye al sistema tradicional de pórticos de vigas y columnas.

Las principales ventajas de la mampostería reforzada de bloques de hormigón son:

- Reducción de la cantidad de armaduras.
- Rápida capacitación de la mano de obra. El albañil además de levantar la pared, ejecuta la estructura.
- Reducción significativa de la mano de obra necesaria para el armado de la estructura de H° A°, no siendo necesario contar con oficiales armadores y encofradores. Esto no significa que haya un desplazamiento de mano de obra, sino que se trata de construir más, con mayor calidad y productividad.
- Menor cantidad de hormigón estructural y barras de acero, con una mayor rapidez. El tiempo empleado puede ser de hasta un tercio del tiempo necesario para levantar un edificio con estructura tradicional, cuando se combina con el uso de otros elementos prefabricados de hormigón para entresijos, como viguetas y losetas alveolares.
- Simplificación de las instalaciones, evitándose el cortado y calafateado de las paredes, facilitando un menor desperdicio de material en comparación con obras convencionales.
- Facilidad para incorporar conceptos de racionalización, productividad y calidad. La inspección de los trabajos se hace más sencilla y efectiva.
- Reducción del costo final de la obra.

Actualmente, la mampostería estructural tiene un nivel de desarrollo que permite contar con las mismas posibilidades arquitectónicas que tienen los edificios de hormigón armado.

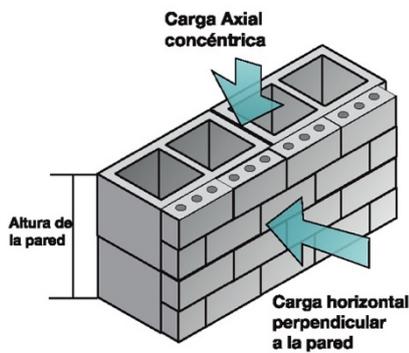
Tabla 3.11 - Peso promedio unitario de los BH (40 cm de largo) en kg.

Ancho de los BH (cm)	BH liviano (1650 kg/m ³)					BH medio (1850 kg/m ³)					BH normal (2150 kg/m ³)				
	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0
Alto 10 cm	3,6	5,0	5,8	6,8	9,0	4,0	5,8	6,8	7,7	10,5	4,5	7,2	8,0	9,0	12,0
20 cm	7,25	10,5	12,2	14,0	19,0	8,0	13,0	14,0	16,0	21,0	9,5	15,0	17,0	19,0	25,0

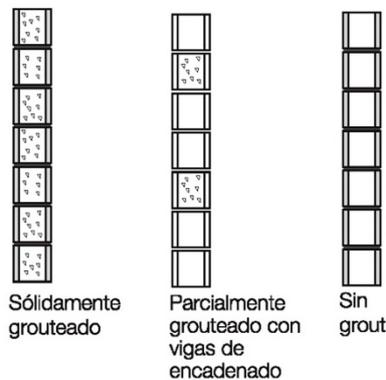
Tabla 3.12 - Peso promedio (en kg) de 1 m² de pared terminada (incluyendo mortero de asiento) con BH de altura completa (20 cm) y largo nominal (40 cm)

Ancho de los BH (cm)		BH liviano (1650 kg/m ³)				BH medio (1850 kg/m ³)				BH normal (2150 kg/m ³)			
		15	20	25	30	15	20	25	30	15	20	25	30
Sólida 100%		236	319	401	483	253	338	423	511	280	368	456	555
Colado de los huecos con grout u hormigón de relleno IRAM 1731, cada:	40 cm	188	240	293	365	212	261	316	391	238	294	351	438
	60 cm	172	214	256	325	198	235	280	351	224	270	316	399
	80 cm	164	200	238	306	191	222	262	331	217	258	299	380
	100 cm	159	193	227	294	187	214	252	319	212	250	288	368
	120 cm	156	187	220	286	185	209	244	311	210	245	281	360
Sin grout		139	161	184	247	171	183	209	272	196	221	246	322

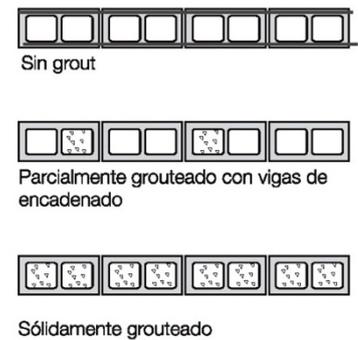
Acciones sobre la pared



Corte vertical



Corte Horizontal de pared



3.4.3 Cargas actuantes sobre la estructura

El análisis estructural de una pared comienza con la determinación de las cargas que actúan sobre la misma. Éstas son:

a) Peso propio de los distintos elementos que la componen.

La tabla 3.11 indica el peso promedio unitario por BH de densidad baja, media y normal, para distintos espesores y altos del mampuesto. En tanto, la tabla 3.12 muestra el peso promedio de la mampostería para una pared terminada, por cada metro cuadrado construido, con mampuestos de distintas dimensiones.

Los datos de la Tabla 3.12 consideran un grout de 1700 kg/m², e incluye el peso de los encadenados horizontales y de las barras verticales. Por ejemplo,

si se desea determinar el peso por metro cuadrado de una pared de bloques de hormigón 20x20x40, cuya densidad es de 2150 kg/m³, sólidamente rellena con microhormigón (grout), de la Tabla 3.12 se obtiene que pesa 360 kg por m² de pared terminada

b) Sobrecargas: Las sobrecargas debidas al destino o uso del edificio son también fijadas por las normas y reglamentos.

En lo que se refiere al empuje horizontal de viento o sismo se deben tomar en cuenta:

- Para el análisis de la acción del viento: el Reglamento CIRSOC 102 y la Norma IRAM 11700.
- Para el análisis sísmico: el Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte III "Construcciones de Mampostería".

3.5 Mampostería con compromiso estructural

En el caso que el proyectista necesite diseñar un edificio íntegramente con mampostería de **BH**, deberá remitirse al Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte III (Construcciones de Mampostería) en el caso que se trate de estructuras en zona sísmica, y al Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería CIRSOC 501. Estos reglamentos se encuentran disponibles en la página web del CIRSOC.

3.6 Detalles de armado

3.6.1 Cobertura

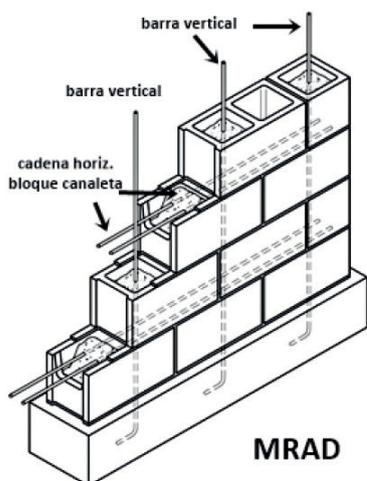
Las barras de la armadura y las varillas de las juntas de refuerzo deberán estar embebidas en el mortero de asiento o en hormigón de gravilla.

El diámetro máximo de las armaduras no deberá ser mayor que 25 mm.

El diámetro de la armadura no deberá ser mayor que la mitad de la menor dimensión libre de la celda del mampuesto, viga de encadenado o junta armada donde se disponga.

Las armaduras longitudinales y transversales ubicadas en las juntas deberán tener un diámetro máximo de 6 mm, y no ser mayor que la mitad del espesor de la junta.

3.6.2 Disposición de las armaduras



La separación libre entre barras paralelas no deberá ser menor al diámetro nominal de las barras, ni menor que 25 mm.

La separación libre entre barras verticales en columnas y pilastras no deberá ser menor que una vez y media el diámetro nominal de las barras, ni menor que 40 mm.

Las limitaciones para barras individuales establecidas en el Reglamento CIRSOC 501 deberán aplicarse también a la separación entre un empalme y los empalmes o barras individuales adyacentes.

Los paquetes de barras paralelas en contacto para que actúen como una unidad deberán limitarse a dos en cualquier paquete. Cuando se corten barras de un paquete dentro de la luz de un elemento, deberán terminarse en puntos separados al menos 40 diámetros.

3.6.3 Protección de las armaduras

El recubrimiento de hormigón de gravilla entre las barras de armaduras y los mampuestos tendrá un espesor mínimo de 6 mm.

Las barras deberán tener un recubrimiento de mampostería que para cada caso se indica a continuación:

- **Mampostería expuesta al contacto con el suelo o al medio ambiente exterior:** 50 mm para barras de diámetros mayores a 16 mm, o 40 mm para diámetros menores o iguales a 16 mm.
- **Mampostería no expuesta al contacto con el suelo ni el medio ambiente exterior:** 40 mm.

Las varillas longitudinales de la armadura de junta deberán estar totalmente embebidas en mortero u hormigón de gravilla con un recubrimiento mínimo de 15 mm. Cuando la mampostería esté en contacto con el suelo o expuesta al medio ambiente exterior la armadura de junta deberá estar protegida contra la corrosión.

Los anclajes metálicos, chapas de acero, barras e insertos en contacto con el suelo o el medio ambiente exterior deberán ser de acero inoxidable, o protegerse contra la corrosión por galvanizado o revestimiento con una pintura epoxi.

3.6.4 Ganchos normales

Los ganchos normales estarán formados por:

- Ganchos con un ángulo doblado de 180° más una prolongación de al menos 4 diámetros, pero con un mínimo de 60 mm en el extremo libre de la barra o varilla.

- Ganchos con un ángulo de doblado de 90° más una prolongación de al menos 12 diámetros en el extremo libre de la barra o varilla, como mínimo.
- Sólo para el anclaje de estribos, un codo a 90° ó 135°, más una extensión de 6 diámetros en el extremo libre de la barra.

3.6.5 Armaduras mínimas

En las prescripciones sobre armaduras para muros reforzados con armadura distribuida, el Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte III "Construcciones de mampostería" establece las siguientes cuantías mínimas:

Armadura horizontal

La cuantía de armadura vertical es igual a:

$$\mu_{vd} = \frac{\Omega_{vd}}{100t} \geq 0,0007 \approx 0,7\%$$

Donde:

Ω_{vd} Es la sección de armadura vertical por metro de longitud del muro (cm^2/m).

t Es el espesor del muro, sin revoques, expresado en cm.

Las cuantías anteriores corresponden a los aceros tipo ADN 420 (III) y ADM-420 (III).

3.6.6 Diseño estructural

La mampostería reforzada se puede diseñar utilizando indistintamente el método de las tensiones admisibles o el método de rotura.

El primero de ellos fue el de uso más extendido en los primeros años pero, a medida que fueron apareciendo nuevos resultados de ensayos de laboratorio sobre el comportamiento último de la mampostería, fue consolidándose el método de rotura.

Sin embargo, todavía es de uso frecuente el método elástico, toda vez que es considerado un método de diseño conservador y su principal desventaja es que no permite predecir el comportamiento del material cuando la mampostería es exigida más allá de los límites admisibles.

El método de rotura permite evaluar la capacidad resistente del elemento estructural, como así también su deformación bajo la acción de las cargas de servicio, incluyendo aquellas que son difíciles de predecir, tales como las sísmicas y el viento huracanado.

El cálculo de la mampostería reforzada considera que las tensiones de tracción son absorbidas únicamente por las barras de acero, y desprecia la resistencia a la tracción de los bloques de hormigón, el mortero de junta y el microhormigón (grout).

Los refuerzos presentes en la pared aumentan considerablemente su resistencia a la flexión y aumentan su ductilidad. El mejoramiento de esta última es también una consecuencia del uso de las barras de refuerzo, que continúan elongando más allá de los valores últimos de diseño, permitiendo una deformación sin pérdida de la resistencia del conjunto.

Son precisamente estas deformaciones las que permiten que las sobrecargas se redistribuyan hacia otros miembros o elementos de la estructura, mejorando su comportamiento cuando las cargas reales superan a las cargas de diseño.

3.7 Resistencia al fuego

3.7.1 Introducción

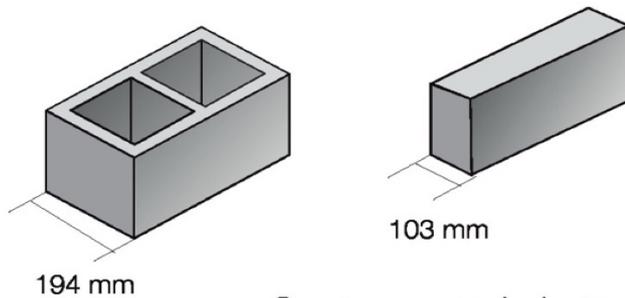
La experiencia ha demostrado que la resistencia a la carga de fuego de la mampostería de bloques de hormigón depende del tipo de agregado (árido) utilizando en su fabricación y del espesor equivalente de material sólido de la pared. En tal sentido, los reglamentos y códigos de construcción adoptan habitualmente una tabla de espesores equivalentes necesarios para resistir un fuego una determinada cantidad de horas. El espesor equivalente del muro se determina calculando la cantidad de material sólido expresado en porcentaje con respecto al espesor real del bloque: $E_{eq} = \% \text{ sólido} \times \text{espesor real del bloque}$.

Por ejemplo, el espesor equivalente de un BH estándar 20 x 20 x 40 de dos huecos y con un 50 % de sólidos será igual a 10,3 cm. El porcentaje de sólidos de la unidad analizada generalmente es provisto por el propio fabricante.

En la mayoría de los casos, el espesor equivalente de los bloques estándar cumple con el rango de resistencia al fuego más común. Sin embargo, cuando se exija una mayor resistencia al fuego será necesario uncrementarla mediante la incorporación de otros materiales, ya sea dentro de los huecos interiores de la pared o mediante su aplicación en la superficie que estará expuesta al fuego.

Cálculo del espesor equivalente

Si esta unidad hueca es 53% sólida



Su espesor equivalente es de 103 mm

El espesor equivalente = $0,53 \times 103 \text{ mm}$

3.7.2 Relleno de los huecos

El colado de los huecos con un material apropiado reducirá el flujo de calor a través del muro, resultando por lo tanto en un aumento de su resistencia al fuego.

De acuerdo con investigaciones de la Asociación del Cemento Portland de los Estados Unidos de Norteamérica (PCA), existe una amplia variedad de materiales granulares que aumentan la resistencia al fuego cuando son colados en los huecos del muro de mampostería. Por supuesto que el uso de estos materiales de relleno granulares también son favorables en lo que se refiere al comportamiento térmico de la pared.

Dichos ensayos se basan en la norma ASTM E 119 "Standard Methods of Fire Tests of Building Construction and Materials", y los resultados demuestran que el espesor equivalente mínimo para un muro de bloques de hormigón producidos con arena silíceo o granítica para una resistencia al fuego de 4 horas es de 15,7 cm.

Es importante destacar que los códigos y normas citados afirman que, en caso de colar hormigón de relleno (grout) o material suelto (arena, escoria, piedra pómez, arcilla expandida, etc) dentro de los huecos de los BH, el espesor equivalente del muro es igual a su espesor real, es decir 19 cm (sin revoques), por lo que estos muros resisten más allá de las 4 horas dado que el espesor real será mayor que el espesor equivalente ($19 \text{ cm} > 15,7 \text{ cm}$).

Otro aspecto importante a resaltar es que la resistencia al fuego es exigida al muro y no al mampuesto aislado (bloque), por lo que el comportamiento de la pared dependerá de la calidad aplicada en su construcción, siendo esta responsabilidad de la mano de obra, de la dirección técnica y de la inspección.

Todos los bloques portantes que cumplen con la Norma IRAM 11561 "Bloques de Hormigón" son aptos para muros cortafuego, y todos los muros ejecutados siguiendo las exigencias contenidas en la Norma IRAM 11556 "Mampostería de Bloques de Hormigón" también lo serán si se respeta el espesor equivalente necesario para las diferentes resistencias medidas en horas.

La tabla 3.13 incluye los espesores equivalentes para resistencias al fuego de hasta 4 horas. Estos valores coinciden con los resultados obtenidos en laboratorio siguiendo los pasos exigidos por la Norma ASTM E 119, Y difieren muy poco de los indicados en la Tabla 9 de la Norma IRAM 11556 "Mampostería de Bloques de Hormigón".

Además, la Norma ACI 216.1 "Standard Method for Determining Fire Endurance of Concrete and Masonry Construction Assemblies" establece que el espesor equivalente de la pared es igual al ancho real del bloque utilizado en su construcción, cuando éstos están rellenos con arena, grancilla (tamaño máximo 10 mm), piedra partida, arena volcánica (piedra pómez), escoria, esquisto expandido, arcilla expandida, perlita expandida y/o vermiculita.

3.7.3 Método de ensayo de resistencia al fuego A8TM E-119

Este método determina la resistencia al fuego de la pared, en función del tiempo requerido para alcanzar la condición que ocurra primero entre las siguientes tres.

Las condiciones 1 y 2 están relacionadas con la capacidad de la pared para actuar como barrera cortafuego, mientras que la tercera provee un criterio para evaluar su capacidad estructural bajo estas condiciones.

- Condición 1: La ignición de un hisopo de algodón debido al paso de llamas o gases suficientemente calientes a través de fisuras o grietas en la pared.
- Condición 2: un incremento de $162,8 \text{ }^\circ\text{C}$ en un punto específico de la pared, o $121,1 \text{ }^\circ\text{C}$ en el ambiente del lado de la cara no expuesta al fuego. Esto se conoce como "punto crítico de transmisión de calor".
- Condición 3: Incapacidad de la pared para soportar la carga de diseño o colapso de la estructura de la misma. Esto se conoce como "punto crítico estructural".

Una vez terminado el ensayo de fuego propiamente dicho, la misma pared es sometida a impacto, erosión y efectos del enfriamiento mediante la aplicación de un chorro de agua a presión, proyectado por una manguera de bomberos sobre la cara expuesta.

3.7.4 Efectos de las terminaciones superficiales

Los valores de resistencia al fuego indicados en la Tabla 3.13. se refieren a la mampostería de **BH**, sin revoques ni recubrimientos superficiales de cualquier tipo. Los revoques o placas de yeso incrementan la resistencia al fuego dependiendo de su espesor, del tipo de terminación, del tipo de **BH**, y de si el revoque está aplicado del lado expuesto al fuego o en la cara opuesta.

La contribución de estos elementos, aplicados sobre la superficie no expuesta, se determina de la siguiente forma:

- En función del tipo de agregado utilizado en la fabricación del bloque y del tipo y espesor del revoque, se aplica un factor de conversión o de multiplicación (ver Tabla 3.15) para determinar el espesor final del material de acabado.
- Éste es, a su vez, sumado al espesor equivalente de la pared de bloques obtenido de la Tabla 3.13, resultando el valor final necesario para resistir un fuego una determinada cantidad de horas. La Tabla 3.14 resume las condiciones de ensayo.

Es importante aclarar que cuando se considera la terminación superficial para aumentar la resistencia al fuego, la mampostería sin tratamiento superficial debe aportar al menos un 50% del espesor equivalente exigido, ya que se debe asegurar la integridad estructural de la misma durante el fuego.

Tabla 3.13 - Resistencia al fuego de la mampostería de hormigón

Tipo de Agregado del BH (Tipo de árido con el que fue fabricado el BH)	Espesores equivalentes mínimos de pared requeridos para alcanzar la resistencia al fuego en los períodos de tiempo indicados (mm)				
	4 h	3 h	2 h	1.5 h	1 h
Arena gruesa, fina, o grancilla calcárea, silíceas, o granítica	157	135	107	91	71
Granza caliza, escoria expandida al aire libre	150	127	102	86	69
Arcilla expandida o esquisto expandido	130	112	91	84	66
Granulado volcánico, piedra pómez, escoria o arcilla expandida.	119	102	81	69	53

Tabla 3.14 - Resumen de los puntos a tener en cuenta en el ensayo

Elemento		Punto crítico			
		Incremento de temperatura	Inflamación de hisopo	Soporte de carga de diseño	Ensayo de chorro de agua
Muros	Portante	SI	SI	SI	SI
	No Portante	SI	SI	Sin carga aplicada	SI

Tabla 3.15 - Factores de conversión de revoques

Tipo de revoque o acabado aplicado a la pared	Tipo de agregado del BH			
	Grancilla silícea o calcárea	Piedra caliza	Arcilla expandida	Arena volcánica pómez, escoria expandida
Mortero de arena y cemento	1,00	0,75	0,75	0,75
Placa de roca de yeso	1,25	1,00	1,00	1,00
Mortero de yeso con vermiculita o perlita	1,75	1,50	1,25	1,25

Tabla 3.16 - Tiempo de retardo de distintos tipos de revestimientos

Tipo de terminación superficial	Tiempo (min.)
Placa de roca de yeso	
Espesor 3/8" (9,5 mm)	
Espesor 1/2" (12,7 mm)	15
Espesor 5/8" (15,9 mm)	30
2 capas de 3/8" (9,5 mm)	25
1 placa 3/8" + 1 capa 1/2 " (12,7 mm)	35
2 placas 1/2" (12,7 mm)	40
Mortero de arena-cemento sobre metal desplegado	
Espesor 3/4" (19,1 mm)	20
Espesor 7/8" (22,2 mm)	25
Espesor 1" (25,4 mm)	30
Mortero de yeso con arena aplicado directamente sobre la pared	
Espesor 1/2" (12,7 mm)	35
Espesor 5/8" (15,9 mm)	40
Espesor 3/4" (19,1 mm)	50
Mortero de yeso con arena aplicado sobre metal desplegado	
Espesor 3/4" (19,1 mm)	50
Espesor 7/8" (22,2 mm)	60
Espesor 1" (25,4 mm)	80

En la tabla 3.16 se indican los tiempos que agregan los distintos tipos de revoques y placas cuando son realizados o aplicados del lado expuesto de la pared.

3.7.4.1 Ejemplo de cálculo

Tomemos como ejemplo un muro de **BH** 20 x 20 x 40 (55% de material sólido) fabricados con agregado livino (arcilla expandida), que deba tener una resistencia al fuego de 4 horas.

¿Qué tipo de material y qué espesor adicional de revoque es necesario?

- El espesor equivalente requerido para **BH** de arcilla expandida (según Tabla 3.13) es de 119 mm para 4 h.
- El espesor equivalente del **BH**, sin relleno, es $0,55 \times 190 \text{ mm} = 104 \text{ mm} < 119 \text{ mm}$. Por lo tanto no verifica las 4 h requeridas.

- El período de resistencia al fuego es de 3 h y 7 minutos (por interpolación de la Tabla 3.13). El requerimiento de que la mampostería, por sí misma, aporte al menos el 50 % de la resistencia al fuego buscada es satisfecho, dado que $3,27 \text{ h} > 2,00 \text{ h}$.
- Por lo tanto es necesario revestir la pared con un material que incremente el período de resistencia al fuego de la pared en 53 minutos.
- Una placa de roca de yeso de 16 mm (5/8") de espesor expuesta al fuego adiciona, según Tabla 3.16, un tiempo de 30 minutos, por lo que será necesario agregar en la cara no expuesta otra placa de yeso igual lográndose el retardo en más de los 53 minutos necesarios.

En este ejemplo se ha logrado la resistencia al fuego mediante el forrado de la cara expuesta y la no expuesta, con placas de yeso de 16 mm de espesor, no siendo por lo tanto necesario rellenar los huecos con material aislante.

Conclusiones:

Una pared de **BH** 20 x 20 x 40, sin tratamiento, satisface la resistencia al fuego para un intervalo de tiempo de 2 horas, en conformidad con lo establecido por las normas vigentes.

Los **BH** de calidad permiten proyectar y ejecutar muros portantes como pantallas cortafuego con resistencias al fuego de 4 horas o más, siempre y cuando se rellenen los huecos con hormigón o material aislante suelto, o se revistan las superficies con placas de roca yeso o con revoques especiales. La norma IRAM 11556 y sus complementarias lo avalan.

Existen abundantes antecedentes internacionales, del American Concrete Institute (ACI), Uniform Building Code (UBC) y Building Officials and Code Administrators (BOCA) de los Estados Unidos de Norteamérica, que certifican el buen comportamiento de la mampostería de hormigón como barrera antifuego. Al respecto, es práctica muy generalizada en EEUU y otros países, construir la circulación vertical de los edificios con mampostería portante de bloques de hormigón.

3.7.5 Referencias

- ACI 216.1 / TMS 216.1 "Standard Method for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies."
- ASTM C 140 "Standard Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units".

- ASTM C332 "Standard Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete".
- ASTM E 119 "Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials".
- ASTM C 516 "Standard Specification for Vermiculite Loose Fill Thermal Insulation".
- ASTM C 549 "Standard Specification for Perlite Loose Fill Insulation".

3.8 Comportamiento acústico

3.8.1 Introducción

El ruido molesto es un factor de distracción importante, y constituye además una agresión al sistema nervioso, sobre todo cuando éste se produce en el entorno del lugar de residencia y de trabajo.

Al igual de lo que sucede con la resistencia al fuego y el uso de la mampostería de **BH** como barrera cortafuego, ésta es ampliamente utilizada también como barrera sónica, por su cualidad para aislar y disipar el sonido.

Los **BH** son una excelente herramienta para el control de los ruidos por dos motivos fundamentales: primero, porque la mampostería de **BH** efectivamente bloquea la transmisión del sonido en un amplio intervalo de frecuencias, y segundo porque puede absorber el sonido y disminuir por lo tanto su intensidad.

Estas cualidades son las que han impulsado la aplicación de esta mampostería pesada en un amplio abanico de uso, desde tabiques aislantes de cuartos de hotel hasta barrerasónicas en autopistas.

3.8.2 ¿Qué es el sonido?

El sonido se caracteriza por su frecuencia e intensidad. La primera se mide por el número de vibraciones o ciclos por segundo. Un ciclo por segundo se define como un Hertz (Hz).

La intensidad se mide en decibeles (dB), en una escala logarítmica, la que es muy apropiada para el medir el sonido, ya que un incremento de 10 dB es percibido por el oído humano al doble de su intensidad inicial.

El oído humano puede detectar sonidos bajos de 16 Hz hasta un máximo de 20000 Hz; sin embargo, es más sensible para aquellos comprendidos entre 500 y 5000 Hz.

La voz humana en una conversación en un tono convencional tiene una frecuencia aproximada de

Tabla 3.17 - Ejemplos de diferentes intensidades del sonido

Niveles representativos del sonido		
Nivel	Decibeles (dB)	Fuentes del sonido
Ensoydecedor	110-115	Despegue avión a reacción; sirena a 30 m; trueno; banda de rock
Muy alto	90-100	Bordeadora de césped a explosión; martillo neumático
Alto	70-80	Oficina ruidosa; radio a alto volumen.
Moderado	50-60	Conversación normal; ruidos hogareños.
Débil	30-40	Oficina privada aislada
Muy débil	3-20	Cuchicheo a 1 m; respiración normal

500 Hz. Por su parte, en la tabla 3.17 se indica la intensidad de dB de distintas fuentes sonoras tradicionales.

Los sonidos son vibraciones transmitidas a través del aire o de otros medios. La velocidad de éstos a través de un determinado medio depende tanto de su densidad como de su rigidez.

Todos los materiales sólidos tienen una frecuencia natural de vibración. Si esta frecuencia natural es cercana o igual a la del sonido que impacta sobre el mismo, dicho sólido vibrará en concordancia con éste y será regenerado en el lado opuesto.

Este efecto es especialmente detectable en tabiques livianos, delgados o flexibles. Por el contrario, la vibración es efectivamente detenida cuando el tabique es pesado y rígido, como es el caso de la mampostería de **BH**.

Entonces, como su ciclo natural de vibración es bajo, solamente los sonidos de baja frecuencia producirán una vibración concordante. Por lo tanto, debido a su masa y rigidez, este tipo de mampostería es muy efectiva para la reducir la transmisión del sonido no deseado.

3.8.3 índice de Debilitamiento Acústico

Una forma práctica de conocer cuál es el comportamiento acústico de la mampostería de **BH**, es compararlo con el de la mampostería de ladrillos macizos ya que, por lo general, en este tipo de mampostería se conoce si aísla o no el sonido de un ambiente a otro.

El aislamiento acústico se mide en función de un índice denominado "Índice de debilitamiento acústico "R", y se mide en decibeles.

La Asociación Argentina del Bloque de Hormigón (AABH) encomendó un trabajo al Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas de la Universidad Nacional de Córdoba, para la determinación del Índice de Debilitamiento Acústico para cuatro casos (A, B, C, D) que corresponden a muros de bloques de peso unitario de 14 kg y 16,8 kg, vacíos y colados totalmente con micro-hormigón, para compararlos posteriormente con muros de ladrillos comunes de 15 y 30 cm revocados en ambas caras.

Muro A

Cálculo teórico del índice de debilitamiento acústico de un muro de **BH** de 20 cm de espesor y masa de 175 kg/m²

Tabla 3.18 - Frecuencia de resonancia : 30 Hz

F (Hz)	R (dB)
63	21
125	27
250	33
500	39
1000	45
2000	51

Muro B

Cálculo teórico del índice de debilitamiento acústico de muro de **BH** de 20 cm de espesor y masa superficial 210 kg/m².

Tabla 3.19 - Frecuencia de resonancia : 30 Hz

F (Hz)	R (dB)
63	23
125	29
250	35
500	41
1000	47
2000	53

Muro C

Cálculo teórico del índice de debilitamiento acústico de muro de **BH** de 20 cm de espesor (masa superficial de 175 kg/m²) y relleno interior de hormigón de densidad igual a 2000 kg/m³.

Tabla 3.20 - Frecuencia de resonancia : 30 Hz

F (Hz)	R (dB)
63	43
125	47
250	51
500	55
1000	59
2000	63

Muro D

Cálculo teórico del índice de debilitamiento acústico de muro de **BH** de 20 cm de espesor (masa superficial 210 kg/m²) y relleno interior de hormigón de densidad igual a 2000 kg/m³.

Tabla - 3.21 Frecuencia de resonancia : 30 Hz

F (Hz)	R (dB)
63	41
125	45
250	49
500	53
1000	57
2000	61

Como puede deducirse de los resultados obtenidos, los muros tipo A, B, C y D presentan las siguientes características de aislación acústica:

Muros A y B:

Ofrecen aislamiento acústico algo inferiores al muro de ladrillo macizo de 15 cm de espesor revocado en ambas caras.

Muro C:

Su comportamiento supera la aislación del muro de ladrillo macizo de 15 cm de espesor revocado en ambas caras, por lo que su desempeño es mayor que en los casos de los muros A y B.

Muro D:

Este muro puede considerarse equivalente al de ladrillo macizo de 30 cm de espesor revocado en ambas caras, y lo hace apto para aplicaciones corrientes en edificios.

A los efectos de indicar la utilización de los cuatro muros calculados (A, B, C, y D) se adjuntan a continuación los requisitos de aptitud de los diferentes tipos de muros con referencia a la norma IRAM 4044.

Asimismo, el comportamiento acústico de la mampostería de bloques de hormigón puede ser fácilmente mejorado mediante la aplicación de distintos tipos de revestimientos (Ej.: pinturas, alfombras, cortinas, etc.) ó también utilizando unidades texturadas (bloques símil piedra; abastonados, etc.)

Tabla 3.22 - Índice de debilitamiento acústico en función de la frecuencia, para la mampostería de ladrillos cerámicos macizos

Mampostería de ladrillos macizos revocado en ambas caras espesor (30 cm)						
F (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	44	46	56	59	63	69
Mampostería de ladrillos macizos revocado en ambas caras espesor (15 cm)						
F (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
R (dB)	37	42	48	52	55	61

Tabla 3.23 - Aptitud de los muros Tipo A, B, C y D con relación a la Norma IRAM 4044

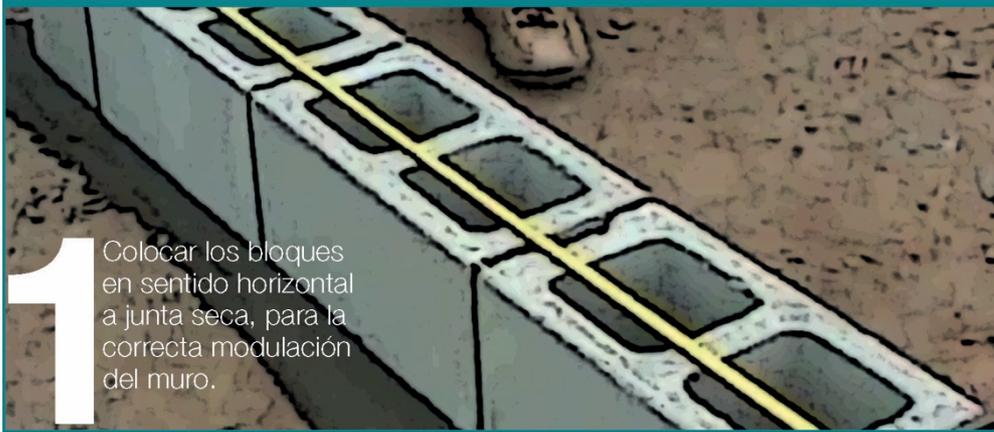
Edificio de departamento para vivienda u oficina	Tipo de muro			
	A	B	C	D
Muros divisorios entre departamentos y oficinas	NO	NO	SI	SI
Muro divisor entre departamentos u oficinas con edificios linderos	NO	NO	SI	SI
Muros linderos con espacios de uso común, escaleras, ascensores, pasillos y recepción	NO	NO	SI	SI
Muros linderos con cocheras y/o sus accesos	NO	NO	SI	SI
Muros o tabiques de división interna	SI	SI	SI	SI
Viviendas unifamiliares	Tipo de muro			
	A	B	C	D
a Muros divisorios de predio	NO	NO	SI	SI
b Muros o tabiques internos o privados no industriales	SI	SI	SI	SI
Locales públicos linderos con viviendas u oficinas	Tipo de muro			
	A	B	C	D
a Muros o tabiques	NO	NO	NO	SI
Hospedajes y salud	Tipo de muro			
	A	B	C	D
a Muros o tabiques entre habitaciones que deben ser silenciosas y locales ruidosos.	NO	NO	NO	SI
Educación	Tipo de muro			
	A	B	C	D
a Muros o tabiques entre aulas	NO	NO	SI	SI
b Muro o tabiques entre aulas pasillos o escaleras	NO	SI	SI	SI
b Muro o tabiques entre aulas de música o entre estas y aulas	NO	NO	NO	SI

Procedimientos Constructivos

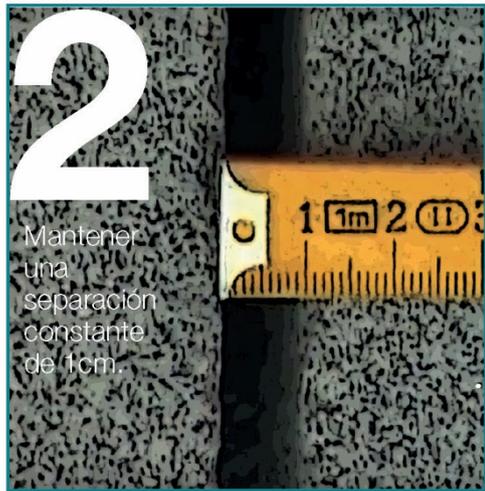


#4

REPLANTEO Y MODULACIÓN



1 Colocar los bloques en sentido horizontal a junta seca, para la correcta modulación del muro.



2 Mantener una separación constante de 1cm.



3 Tener en cuenta la modulación de los bloques en sentido vertical.



4 Marcar la separación de hiladas cada 20cm.

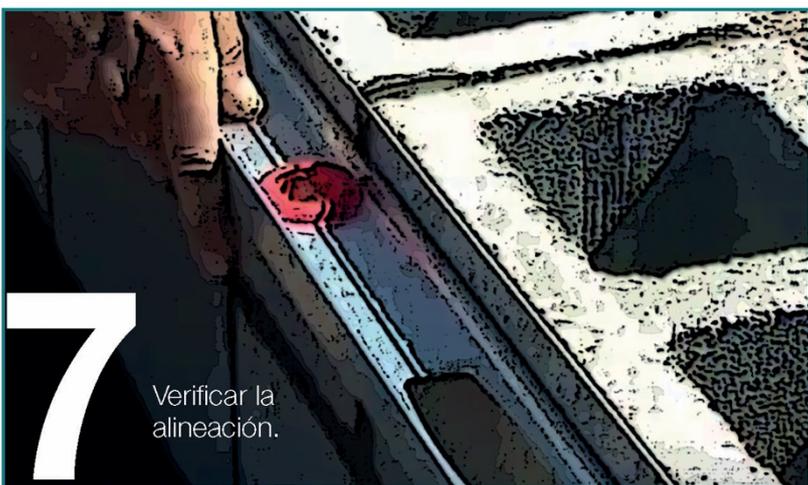
VERIFICACIÓN DE LA ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN



5 Verificar que asienten los bloques y realizar los ajustes que sean necesarios.



6 Aplomar la esquina exterior del bloque guía.



7 Verificar la alineación.

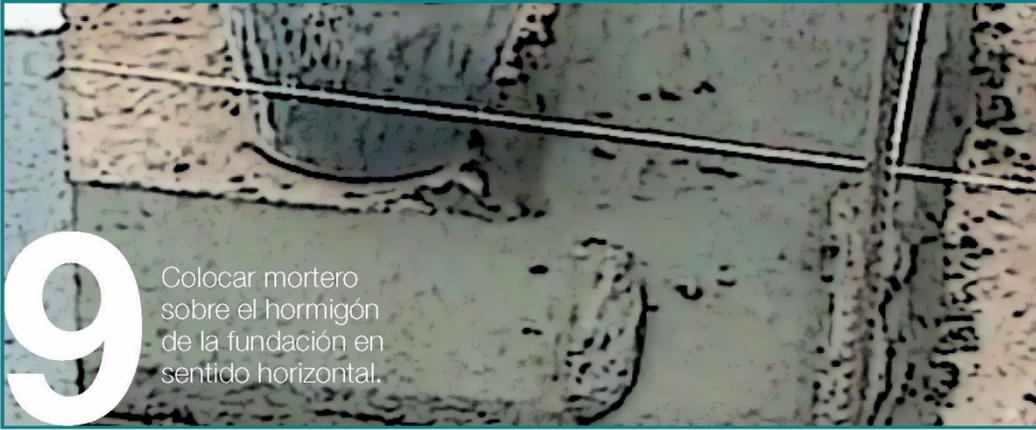


8 Preparar el mortero de asiento: 1 parte de cemento de uso general, 2 partes de arena fina y agua.

COLOCACIÓN DEL BLOQUE

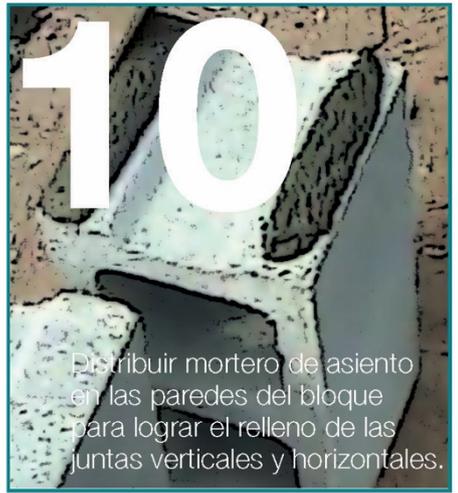
9

Colocar mortero sobre el hormigón de la fundación en sentido horizontal.



10

Distribuir mortero de asiento en las paredes del bloque para lograr el relleno de las juntas verticales y horizontales.



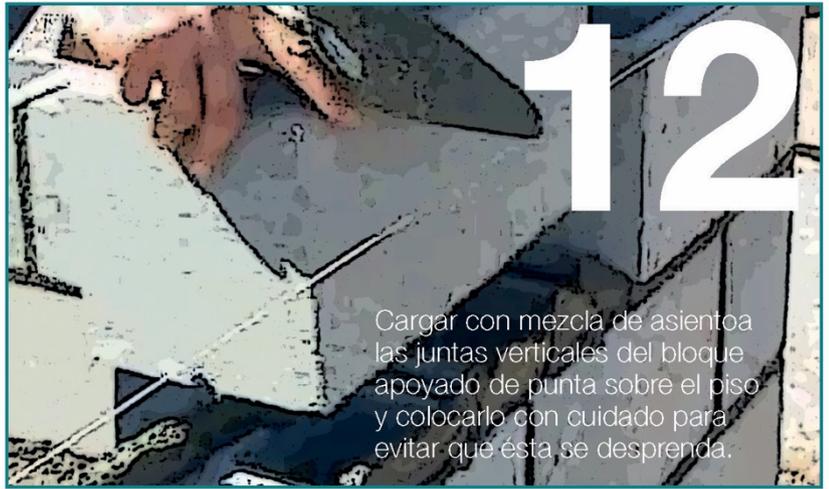
11

Asentar el primer bloque comenzando por la esquina. Este bloque, denominado "bloque guía" servirá de base para la modulación del resto del muro.



12

Cargar con mezcla de asiento las juntas verticales del bloque apoyado de punta sobre el piso y colocarlo con cuidado para evitar que ésta se desprenda.



13

Colocar el "bloque de cierre" con mortero de asiento en las juntas verticales de ambos tabiques transversales exteriores.



14

Recoger con una cuchara el exceso de mortero desplazado al asentar el bloque para volver a usarlo.



TOMADO DE JUNTAS

15

Rehundir las juntas verticales cuando la mezcla de asiento comienza a rigidizarse por efecto del fraguado.



16

Rehundir las juntas horizontales.



4.1 Etapas constructivas

A continuación se resumen las principales etapas constructivas para el caso de una vivienda de carácter social íntegramente proyectada con **BH**.

Replanteo



Nivelación del terreno.

Compactación.

Demarcación de la platea de fundación, vigas portamuros y barras de refuerzo vertical.

Platea y refuerzo vertical. 1a hilada de mampostería



Colado del hormigón de la platea de fundación y las vigas portamuros.

Colocación de los **BH** de la 1a hilada a junta seca para verificar la modulación de los bloques que deben ser nivelados al momento de su asiento definitivo.

Verificación de las dimensiones de los **BH**, la modulación longitudinal y tolerancia que especifica la norma IRAM 11556.

Marcado de la posición de los **BH** de la 1a hilada en la fundación.

Retiro de los **BH** posicionados en seco.

Elevación de la mampostería



Asentado de las sucesivas hiladas de **BH**

Colocado del grout en los huecos reforzados con las barras verticales al alcanzar la 6° hilada.

Se realiza con balde o tolva, vibrando la masa del HO con vibrador de inmersión de aguja fina (20 mm).

Las juntas horizontales se refuerzan cada tres hiladas con barras de 4,2mm de diámetro embebidas en el mortero de asiento. Se recomienda el uso de una malla plana electrosoldada de alambres de acero (tipo SIMA) debidamente cortada.

Instalación de aberturas



Colocación de los marcos de las aberturas.

Se recomienda el uso de marcos tipo "cajón" que abracen la pared. Si se utilizan marcos que no abracen el ancho total de la pared se recomienda fijar un pre-marco con tarugos tirafondo.

A los 2 m de altura se asientan los bloques con rebaje central tipo canaleta o con bloques "U", y se refuerzan horizontalmente (estos sirven como dinteles y encadenados horizontales con barras de acero).

Si el procedimiento de aislamiento térmico seleccionado para el proyecto contempla el relleno de los huecos de la mampostería con poliestireno expandido, se procede a esta etapa a su ejecución.

Instalación sanitaria



En la mampostería de BH no se deben canaletear ni perforar los mampuestos para distribuir la cañería sanitaria y de electricidad. Para ello se generan "nichos" usando **BH** de distintos anchos.

El tabique sanitario de 20 cm de espesor es construido combinando **BH** de 20 cm y 10 cm. La cañería se aloja en el nicho generado por la diferencia de espesor con el **BH** de 10cm, y luego se completa el espacio vacío con mortero tradicional.

Sobre éste se aplica posteriormente el revestimiento seleccionado.

Cubierta de techo



Los caños cloacales y de gas se distribuyen por el contrapiso.

El desagüe pluvial puede bajar por dentro de los huecos de los **BH**, o a la vista por fuera del muro.

Vigas, cabreadas y tirantes del techo liviano se vinculan a la mampostería mediante elementos de anclaje, que son a su vez empotrados en los encadenados horizontales (ver Punto 4.9.).

Se procede además a la construcción de la caja del tanque de agua.

Instalación de la cubierta con su correspondiente aislamiento térmica asociada.

Terminaciones superficiales



Según lo especificado en el proyecto, se aplica el método de aislamiento térmica, así como los revestimientos superficiales de terminación.

Se realizan los trabajos de colocación de cerámicos en piso, paredes, baños, cocina y la instalación de muebles de cocina y artefactos.

Prototipo Final



4.2 Guía práctica recomendada para la mano de obra

4.2.1 Herramientas para levantar una pared de BH

Para ser considerado un albañil experto en mampostería de hormigón es esencial contar con las herramientas específicas y saber manejarlas correctamente.

Si bien pueden utilizarse herramientas comunes, existen herramientas específicamente desarrolladas que permiten una mayor velocidad de ejecución y un mejor acabado de la pared.

4.2.1.1 Cuchara de albañil

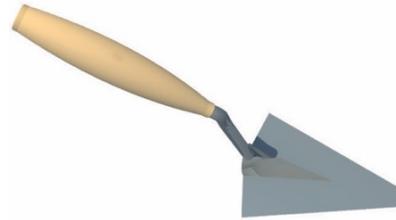
Como en toda obra de albañilería, la cuchara de albañil es la herramienta más importante, ya que se usa constantemente en la mayoría de las operaciones involucradas en la construcción de los muros.

Si bien pueden utilizarse cucharas comunes tipo "corazón", las cucharas para **BH** difieren de éstas en que son de mayor tamaño, con bordes rectos y puntiagudas (ver foto), para facilitar la colocación del mortero en los **BH** que tienen mayores dimensiones que los otros elementos constructivos (ladrillos comunes y bloques huecos de cerámica).

Existen en el mercado diferentes tipos de cucharas para **BH**, según sea su forma y su material constitutivo. Éstas tienen dos partes bien definidas: la hoja y el mango. La primera debe ser de acero para una mayor durabilidad, en tanto la segunda puede ser de plástico o de madera. En este último caso, debe tener un capuchón metálico de transición en su unión con el cabo de la cuchara, para evitar que la madera se deteriore.

El largo de la hoja varía de 20 cm a 30 cm, y su ancho entre 10 cm y 16 cm. Las más grandes se utilizan para distribuir el mortero en las juntas horizontales y verticales del bloque mientras que las más pequeñas para realizar las tareas de parchado y reparación de juntas, colocación de mortero en las juntas verticales del bloque antes de ubicarlo en la pared, remoción del exceso de mortero, entre otras. Las más populares son las denominadas Filadelfia y London.

Cuchara para BH



4.2.1.2 Placa para mortero (mortar board)

Para aprovechar al máximo las ventajas que brinda la cuchara para **BH** y dado su tamaño, es recomendable utilizar una bandeja o tabla para mortero en lugar del tradicional balde de albañil.

Usualmente, esta bandeja mide 60 cm de ancho por 80 cm de largo. Sobre ella se vuelca el balde con mortero para que el albañil pueda homogeneizarlo y luego tomar la porción que precisa, "cortando, la cantidad requerida con el balde de la cuchara.

Bandeja para mortero



4.2.1.3 Martillo o piqueta de albañil

Son de acero templado y tienen un extremo plano como cualquier martillo, pero presentan una forma de cincel en el otro extremo, el que servirá para partir los bloques.

Es necesario saber cómo utilizarlo, ya que su uso inadecuado puede provocar saltaduras de los bloques cuyas esquirlas pueden, eventualmente, impactar en la cara del albañil. De allí que también se aconseja utilizar antiparras de protección al momento de partir los **BH**.

Martillo de albañil



4.2.1.4 Cinceles

Se usan generalmente cuando es necesario partir **BH** en obra y cuando el corte deba ser nítido, sin saltaduras ni rebabas.

Se utilizan en combinación con mazas que permiten partir los bloques de un solo golpe.

Tienen diferentes formas y tamaños, y deben ser de acero templado de buena calidad para evitar un desgaste prematuro y la consiguiente pérdida de filo.

Cinzel



4.2.1.5 Niveles

El nivel es la segunda herramienta en importancia después de la cuchara, debido a su intenso uso y a la utilidad que presta para la construcción de los muros. Su finalidad es mantener la verticalidad (plomo de la pared), el nivelado de los bloques en sentido horizontal y transversal, y una adecuada alineación en todo momento.

Debe ser liviano y perfectamente recto; puede ser de madera, plástico o metal, pero siempre de la mejor calidad. Los más precisos son los que tienen burbujas de alcohol en lugar de aceite, cada una de las cuales debe tener dos marcas entre las cuales se debe ubicar la burbuja para asegurar el correcto nivelado.

El nivel de mano debe tener un largo mínimo de 1,20 m debido a que el albañil debe nivelar de a 2 o 3 **BH** a la vez, y que el largo de cada unidad comprende el largo del bloque y el ancho de la junta del mortero vertical (0,5 cm de cada lado).

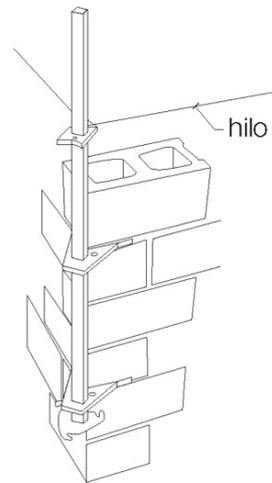
Se recomienda un cuidadoso uso del mismo y su posterior limpieza para evitar lecturas erróneas. También es importante su correcto almacenamiento y la verificación periódica de su funcionamiento, el que puede verse afectado por golpes indeseados durante su uso diario.

Nivel telescópico (800 a 1200 mm)



4.2.1.6 Regla de modulación vertical

Es conveniente la utilización de una regla graduada para la correcta modulación vertical. Como puede apreciarse en la imagen adjunta, ésta tiene adosado un trípode para su apoyo, nivelación y aplomado, que permite una adecuada modulación vertical de las hiladas.



4.2.1.7 Calandro y trabas de madera

Esta simple pero útil herramienta consiste en dos piezas de madera o plástico en donde se fija el hilo (también llamado calandro) que sirve de guía en cada hilada.

Por su forma especial, una vez colocadas estas trabas en los bloques de esquina y una vez tensado el calandro quedan firmes en su posición hasta ser elevadas hacia la siguiente hilada, en forma simple y práctica. Su uso evita la utilización de otras formas de ubicar el hilo que son poco confiables.

Calandro y trabas de madera



4.2.1.8 Nivel para hilo

Es el complemento ideal del calandro ya que en la construcción con **BH** es muy importante que el albañil cuente con una guía confiable de referencia, aumentando la velocidad constructiva y un buen resultado final del trabajo.

Este nivel, generalmente de plástico y de bajo costo, cuenta con 2 ganchos que permiten colgarlo fácilmente en el hilo de referencia y comprobar en cualquier momento si éste perdió su nivelación original.

Permite además al albañil no tener que recurrir constantemente al nivel de mano y concentrarse en el trabajo de colocación de los **BH**, en lugar de estar controlando permanentemente su correcta nivelación.

Nivel para hilo



4.2.1.9 Junteadores

Para asegurar la hermeticidad de las juntas y la correcta compactación del mortero, es necesario comprimirlo cuando todavía se encuentra en estado plástico y recién comienza a fraguar. Para ello, es imprescindible utilizar herramientas especiales, llamadas "Junteadores", para rehundir correctamente el mortero alojado en las juntas verticales y horizontales.

Los junteadores se fabrican de diferentes formas y tamaños, pero responden a dos tipos básicos: unos de mayor largo (35 cm) para rehundir las juntas horizontales, y otros más cortos (25 cm) en forma de "Z" para las juntas verticales.

Generalmente, estos últimos tienen curvaturas diferentes en cada extremo: una de mayor radio para el rehundido inicial y otra de menor radio para la compresión final de la junta.

Independientemente de su forma y tipo de aplicación, todos los junteadores tienen un filo que deja en el mortero una impronta cóncava o en forma de "V", con un diámetro aproximado de 10 mm (ancho recomendado para las juntas verticales y horizontales).

Junteadores para BH



4.2.1.10 Cinta métrica

Es imprescindible también contar con una cinta métrica legible y de buena calidad para poder verificar no sólo las distancias, sino particularmente la modulación horizontal y vertical, a medida que se colocan los bloques en las diferentes hiladas.

Existen en el mercado cintas métricas de distinto largo y ancho, siendo común el uso de cintas de 5 m de largo como mínimo, con hoja de 19 mm de ancho. También se recomiendan las de 8 m de largo con hoja de 25 mm, ya que su mayor ancho de hoja les brinda una mayor rigidez y sus números y marcas son más grandes, lo que facilita su lectura con un menor margen de error.

Cinta métrica



4.2.1.11 Sierra diamantada de mano

Cuando se deban efectuar ranuras o cortes en los **BH**, a fin de generar unidades especiales para alojar cañerías o barras de refuerzo horizontales (p.e. **BH** con rebaje central), es recomendable contar con una sierra de mano con disco diamantado, también llamadas "corta-muros", como la que se muestra en la foto.

No se recomienda el uso de amoladoras angulares para este trabajo, porque éstas no están diseñadas ni protegidas contra la absorción del inevitable polvillo que se produce durante el corte, lo que las inutiliza en poco tiempo.

Además, la falta de apoyo en las amoladoras, impide que la herramienta asiente firmemente sobre los **BH**, generándose cortes con bordes irregulares y generalmente sinuosos o a falsa escuadra.

Sierra diamantada



4.2.2 Recomendaciones Generales

- Para asegurar una excelente pared de **BH**, todas las juntas deben ser llenadas completamente con mortero, garantizando una adecuada adherencia entre bloques.
- Los **BH** deben ser colocados de tal manera que no se formen fisuras en la interfase bloque/mezcla de asiento al momento de apoyar un **BH** contra el otro.
- Los **BH** deben ser ajustados en su posición dentro del muro antes que el mortero haya perdido plasticidad a fin de asegurar una correcta adherencia.
- Nunca se debe intentar reubicar un **BH** cuando la mezcla de asiento haya comenzado a fraguar, ya que esto generará indefectiblemente, fisuras y falta de adherencia.
- Todas las juntas deben estar llenas con mortero al momento de asentar el **BH**. Cualquier relleno posterior de éstas debe hacerse, únicamente, cuando el mortero se encuentre todavía fresco (en estado plástico).

4.2.3 Trabajos previos a la ejecución del muro

Antes de la iniciación de los trabajos, el albañil debe previamente analizar, interpretar y comprender acabadamente los planos de planta y elevación, para identificar, cuando corresponda, la posición y dimensiones de los muros y de los vanos de puertas y ventanas.

Es importante que las esquinas se ubiquen tal como figuran en los planos de detalles. Recién entonces se

procederá al replanteo de paredes, aberturas y juntas de control si las hubiere.

Fundación

Antes de comenzar con las tareas previas al levantamiento de la pared, la fundación de apoyo (zapata corrida, viga de fundación, platea, etc.) debe estar suficientemente limpia para facilitar la posterior adherencia del mortero de unión y razonablemente nivelada para evitar juntas de mortero demasiado gruesas.

Una vez controlada la limpieza y horizontalidad de la fundación, el albañil podrá comenzar las tareas de construcción de las paredes. Se aconseja que la primera hilada sea planteada por el albañil más experimentado disponible, pues un error en la hilada inicial incidirá negativamente en el resto de la obra.

Primera hilada

Para replantear el muro, debe marcarse sobre el cimiento una línea de referencia para facilitar la alineación del borde externo de los bloques, tal como se muestra gráficamente en el siguiente diagrama.

Trazado de línea de referencia



Luego, comenzando por las esquinas, el albañil presentará la primera hilada a junta seca (sin mortero, dejando una junta libre de 1 cm de espesor) a fin de verificar la correcta modulación del tramo.

Para mantener constante el espesor de la junta (1 cm) se aconseja colocar entre bloque y bloque un trozo de madera de 1 cm de espesor. Si al finalizar esta etapa el albañil encontrase que la modulación no coincide exactamente con los **BH** utilizados, deberá replantear totalmente la primera hilada compensando las diferencias con las juntas verticales.

Bajo ninguna circunstancia deben salvarse errores en la modulación de la primera hilada cortando los

BH, ya que este error se arrastrará luego a toda la obra, haciendo más lento el trabajo y desvirtuando las virtudes del sistema. Ésta es la razón por la que se replantea en seco la primera hilada antes de comenzar a pegar los **BH**.

Presentación en seco de la primera hilada



Esta primera operación en seco también permite verificar la modulación para el montaje de las aberturas. Para ello, el albañil removerá los bloques de los sectores donde deberán luego ubicarse las aberturas, y verificará que el espacio libre así logrado sea el indicado en los planos.

Una vez modulada y escuadrada correctamente la primera hilada en seco y antes de levantar los **BH**, se procederá a marcar con tiza sobre la platea la posición de cada **BH** a fin de facilitar su posterior pegado en la posición correcta previamente determinada.

Se aconseja colocar primero todos los bloques de esquina y luego avanzar hacia el centro de la pared, a los efectos de ir sistematizando los trabajos de la obra. Para ello, el albañil debe marcar la ubicación y el ángulo de las esquinas utilizando, por ejemplo, una escuadra metálica.

4.2.4 Colocación de los BH

Siendo que la primera hilada sobre la fundación es la más solicitada a la compresión, los **BH** deben asentarse sobre una cama de mortero de ancho completo.

Asentamiento de la primera hilada



Cada bloque debe ser asentado en la pared respetando una altura constante en la junta horizontal.

Posteriormente será nivelado, aplomado y alineado antes que la mezcla de asiento comience a fraguar.

Los BH jamás deben ser sumergidos en agua antes de ser colocados en la pared, ya que el "secado" posterior generará tensiones de tracción en las juntas con la consiguiente fisuración en escalerilla.

A medida que se vayan levantando las sucesivas hiladas, posteriores a la primera, debe verificarse que se mantenga constante la modulación longitudinal, lo que puede ser realizado fácilmente utilizando el nivel en forma diagonal, verificando que el ángulo formado sea igual a 45° y/o que los bloques se retiren 20 cm a medida que se levantan las hiladas superiores.

Verificación de la modulación



Es recomendable comenzar a levantar las hiladas superiores comenzando por las esquinas. De este modo se asegura el escuadramiento de perímetro y se facilita el levantamiento de las sucesivas hiladas, garantizando una correcta modulación horizontal. Esto implica que, en cada hilada, el último bloque a colocar (bloque de cierre) requerirá mayor atención por parte del albañil al correcto llenado de las juntas con mortero.

Como el bloque de cierre constituye un punto de debilitamiento en la pared, su posición deberá ser variada en las distintas hiladas para evitar la coincidencia de dos o más bloques de cierre en hiladas sucesivas.

Armado de la planta comenzando por las esquinas



Esquemas de las principales tareas

Pegado de los bloques

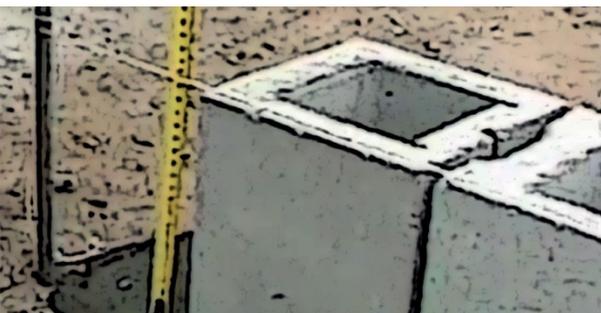
Una vez replanteada la correcta modulación en seco de los **BH** de la primera hilada y antes de levantarlos, el albañil deberá marcar con tiza la separación que tendrán los bloques en sentido longitudinal, lo que evitará tener que moverlos posteriormente a su colocación para mantener un espacio constante entre los mismos.

Marcado del espaciamiento longitudinal



Cada bloque debe ser colocado según la separación vertical deseada.

Verificación de la separación vertical



Debe ser nivelado con un nivel de al menos 1,20 m de longitud.

Nivelación horizontal



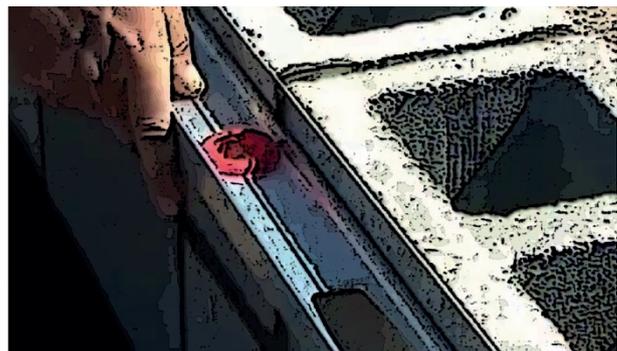
Luego debe ser aplomado verticalmente utilizando el mismo nivel.

Control de la nivelación vertical



y finalmente alineado longitudinalmente.

Control de la alineación



Si el bloque es colocado muy por fuera de la línea (calandro horizontal) se formará una fisura en sentido longitudinal cuando se pretenda traerlo hacia la alineación correcta, golpeándolo con el mango de la cuchara.

Si el bloque es inclinado en forma exagerada al apoyarlo sobre el existente, cuando se lo baje a la posición final se formará una fisura vertical en la unión de ambos. La posición del bloque no debe ser nunca modificada cuando el mortero de junta haya

comenzado a fraguar, ya que de lo contrario se romperá la adherencia entre ellos, generándose fisuras en la interfase bloque-mortero.

Angula de asiento incorrecto



Todos los cambios de posición del BH deben ser hechos antes que el mortero comience a fraguar. La realineación de un bloque fuera de posición no debe intentarse luego de haber colocado la hilada o hiladas superiores.

Realineado incorrecto



Cualquier bloque que haya sido movido luego de que la mezcla haya endurecido, debe ser totalmente removido y recolocado con mortero fresco.

Remoción de mortero endurecido



Juntas horizontales

En las hiladas subsiguientes a la primera sólo debe colocarse mortero sobre los tabiques longitudinales de BH.

Sólo se podrá colocar mortero en sentido transversal al muro cuando se trate de celdas reforzadas verticalmente y posteriormente coladas con grout.

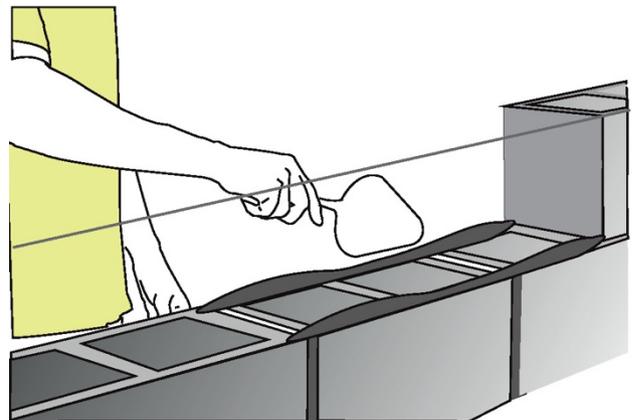
Colocación de mortero en celdas reforzadas



En caso de utilizar bloques que presenten tabiques longitudinales más gruesos en una cara que en la otra, se deben asentar de forma tal que la cara con tabiques más gruesos quede hacia arriba para tener mayor superficie para distribuir el mortero.

Debe distribuirse suficiente cantidad de mezcla para asegurar que ésta fluya hacia los costados del bloque.

Correcta colocación de mortero



4.2.4.3 Juntas verticales

Siempre deben llenarse las juntas verticales internas y externas, utilizando una cantidad de mezcla tal, que sea suficiente para además fluir hacia el exterior.

Llenado de juntas verticales



El mortero de la junta vertical debe ser aplicado a ambos lados del bloque antes de su colocación.

Mortero en ambas juntas verticales

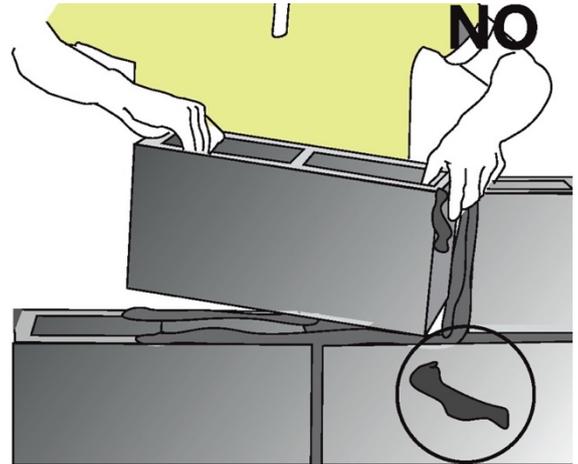


El mortero debe ser presionado sobre los bordes del **BH** para evitar que se caiga al ser levantado.

Presionado de mezcla en las juntas verticales

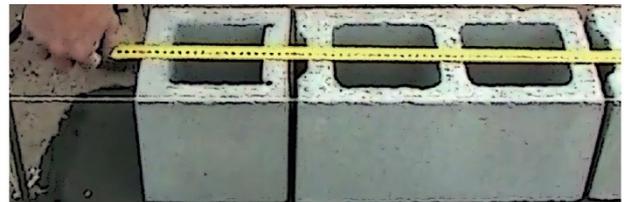


En el esquema siguiente se observa que el mortero se desprendió de junta vertical por falta de compresión cuando fue colocado en el **BH**.



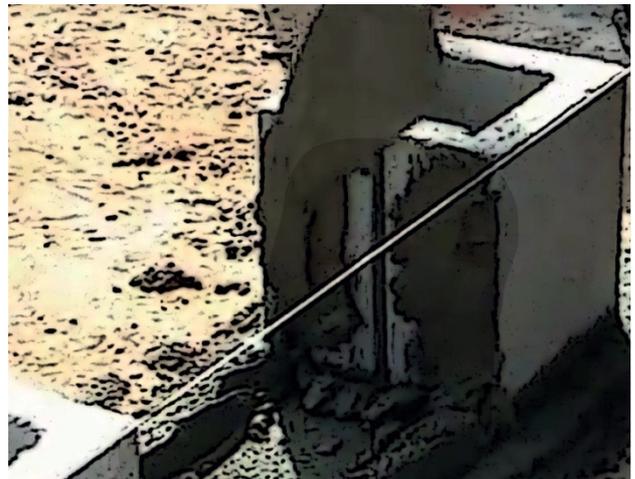
Antes de colocar el bloque de cierre deberá verificarse la modulación.

Verificación de la modulación del **BH** de cierre



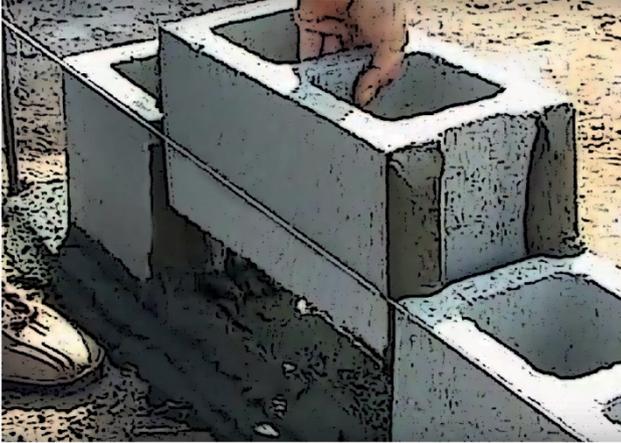
Antes de colocar el **BH** de cierre de la hilada, debe aplicarse mortero en todas las caras, incluyendo todos los bordes de asiento de los **BH** colindantes con el bloque de cierre que ya estén asentados en hilada.

Colocación de mortero en los bloques colindantes



Recién entonces se dejará caer el bloque de cierre sin perturbar a los bloques ya ubicados en su correcta posición en la hilada.

Colocación de mortero en los bloques colindantes



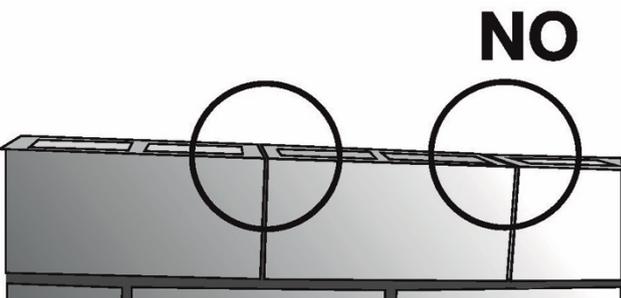
No debe quedar ninguna junta vacía luego de colocado el bloque de cierre.

Verificación del llenado de ambas juntas verticales



No deberá realizarse el cierre con un bloque entero si el espacio remanente no permite el correcto llenado de las juntas verticales.

Espesor incorrecto de mortero en el bloque de cierre



Tampoco se permite un cierre con juntas emasiosas gruesas ya que esto indica una modulación incorrecta y constituye un punto débil en la pared.

Junta de cierre incorrecta (mala modulación)



Parchado y reparación de irregularidades

A pesar de contar con una buena mano de obra, casi siempre se requiere una tarea de parchado posterior a la ejecución del muro.

Algunas veces el mortero de la junta vertical se desprende al momento de levantar el bloque. Otras veces no hay suficiente mortero para llenar el espacio dejado por una esquina quebrada, o se genera, por ejemplo, una fisura importante cuando un bloque es colocado y alineado.



Siempre que las juntas no estén correctamente rellenas debe procederse a su parchado o calafateado con mortero adicional, siempre que el mortero existente se encuentre en estado fresco.

Cuando se coloca mortero adicional en la junta, debe colocarse un elemento que impida que el mismo se desplace hacia el sentido contrario. También podrán usarse los dedos de la mano libre.

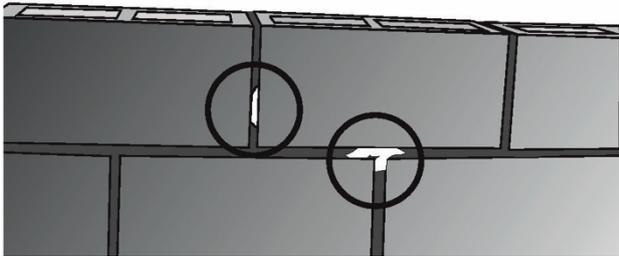
Nunca deberá usarse el mortero caído al pie del andamio para rellenar juntas mal llenadas.

Cualquier depresión o mal llenado de las juntas debe ser corregido antes de realizar el rehundido de las mismas.

Cualquier hueco dejado por clavos o elementos de anclaje fijados al muro durante su ejecución, también debe ser rellenar con mortero fresco.

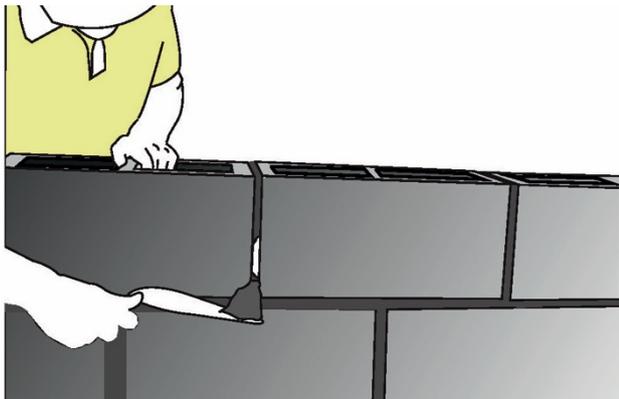
Si por cualquier razón el parchado debe ejecutarse luego que el mortero haya fraguado, éste deberá ser removido hasta 1 cm de profundidad, para posteriormente calafatear el hueco con mortero fresco, previo humedecimiento de la zona a reparar.

Remoción del mortero seco antes del parchado



Con la junta húmeda se coloca el mortero fresco de reparación.

Reparación de juntas huecas previo humedecimiento del material existente



Rehundido de las juntas

A menos que por razones arquitectónicas se requiera otra cosa, las juntas verticales y horizontales del paramento exterior de la pared deben ser siempre rehundidas con forma cóncava o en "V".

Esta operación debe ejecutarse con un junteador de largo superior al del bloque y de 1 cm de diámetro. Debe ejercerse una presión suficiente contra el mortero todavía

fresco a ambos lados de la junta. Esta operación colabora con el sellado de cualquier fisura que pudo haberse formado durante la colocación de los bloques.

Rehundido de juntas verticales



Las juntas del lado exterior del muro deben ser rehundidas con forma cóncava o en "V"

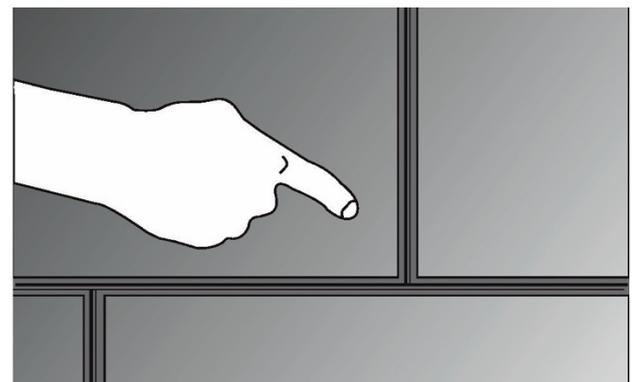
La mezcla debe ser presionada con fuerza contra los bloques a ambos lados de la junta.

Presionado del mortero en juntas horizontales



Dicho rehundido permitirá obtener juntas resistentes a la penetración del agua de lluvia, y favorecerá a la resistencia del conjunto, aumentando la adherencia BH-mezcla de asiento.

Rehundido correcto de las juntas



Mortero de asiento

Sólo es posible lograr una buena adherencia entre el bloque y mortero cuando éste se mantiene fresco y plástico mientras se levanta la pared. Debe estar bien mezclado, y tener una consistencia pegajosa para evitar su desprendimiento al levantar los bloques. También debe tener "cuerpo" para soportar el peso del bloque y mantener la altura de la junta en un centímetro aproximadamente.

Consistencia ideal del mortero



Para corroborar si la consistencia del mortero es la correcta, se utiliza la pala o cuchara, removiendo la mezcla dentro del balde y verificando que la misma se desplace fácilmente.

El mortero debe ser bien mezclado, esponjoso pero no lechoso, firme pero no rígido, debe tener suficiente plasticidad como para pegarse en las juntas verticales al momento de levantar el bloques para su posterior colocación en el muro.

Una vez trasladado a la bandeja, debe ser remezclado, manteniéndolo fresco y plástico en todo momento que el albañil lo requiera. También debe poseer alta capacidad de retención de agua para evitar que el bloque la absorba demasiado rápido cuando el mortero es distribuido en las juntas.

Remezclado del mortero antes de su utilización



Si el mortero es muy flojo o no tiene cuerpo, no será capaz de soportar el peso del bloque y la junta no será del ancho requerido.

No se debe agregar cemento suelto sobre el mortero, dado que dicho polvo impedirá que haya adherencia con el bloque. Si el mortero es demasiado rígido no será fácil mantener el ancho de la junta y se producirá una inadecuada adherencia con el bloque.

Si es necesario remover un bloque luego que el mortero haya fraguado, éste sólo podrá ser recolocado utilizando mortero fresco.

Todo el mortero endurecido deberá ser removido antes de recolocar los bloques afectados.

4.3 Construcción de muros con BH en tiempo frío y caluroso

4.3.1 Tiempo frío

Todos los materiales deben ser recibidos en obra en óptimas condiciones de uso y ser almacenados protegidos de la humedad ambiente, lluvia y/o nieve.

Los coronamientos de los muros ya construidos, que no se encuentren bajo techo o debidamente protegidos, deben ser cubiertos con un material resistente al clima severo al finalizar cada día de trabajo, y en forma permanente en caso de interrumpirse los trabajos por tiempo indeterminado.

Es recomendable que las mantas protectoras cubran hasta 60 cm a ambos lados de la pared, y estén convenientemente aseguradas para impedir su desplazamiento por viento, lluvia o nieve.

4.3.1.2 Preparación de las superficies de asiento

Si sobre los bordes de los bloques que sirven de asiento al mortero se hubiese formado hielo o depositado nieve, éstos deben ser removidos cuidadosamente mediante la aplicación de aire caliente hasta que el borde superior se seque al tacto.

Si una sección de la mampostería se congela y daña, debe ser removida y reemplazada antes de continuar con los trabajos en la misma.

4.3.1.3 Construcción

Los BH deben estar secos antes de su colocación. Aquellos que estén húmedos o congelados deberán ser descartados.

Además, cuando la temperatura ambiente esté comprendida entre los 0 °C y 4 °C, el agua de amasado deberá ser calentada previamente de modo tal que el mortero de asiento tenga una temperatura comprendida entre los 5 °C y 50 °C (Idealmente, entre 15 y 25 °C). En el caso de la arena, se debe evitar su congelamiento mediante la colocación de coberturas protectoras, en especial durante la noche.

También es recomendable utilizar salamandras o calventores ubicados a ambos lados de la pared en construcción.

Cuando el viento supere una velocidad de 25 km/h se deberán utilizar cortinas rompeviento.

Como regla general, se recomienda que, cuando la temperatura media ambiente esté entre los 0 °C y los 4 °C, la mampostería sea completamente tapada durante las primeras 24 horas del día con una cobertura resistente al clima severo.

Cuando la temperatura del aire caiga por debajo de los 4 °C, para la preparación del grout se deben respetar las mismas indicaciones que las citadas precedentemente para el mortero de asiento.

Durante el colado, la mampostería a ser rellenada con grout debe mantenerse a una temperatura superior a la de congelamiento hasta, por lo menos, 24 h después de finalizada la operación de colado.

En la Tabla 4.1. se muestra el tipo de protección que puede implementarse en el muro de acuerdo con la temperatura ambiente.

Cuando se requiera colocar cubiertas impermeables para evitar el ingreso de agua, ya sea en forma de lluvia o nieve, se deberán utilizar cubiertas que tapen el muro y caigan hacia ambos lados en al menos 60 cm de largo sobre la superficie del paramento vertical.

En obras de mampostería estructural, o en aquellas donde se involucre hormigón en general, se deben seguir las recomendaciones generales de hormigonado en clima frío.

A continuación se indican los puntos más importantes a tener en cuenta al momento de levantar paredes de bloques de hormigón con tipo frío:

- Se debe planificar previamente el trabajo.
- Hay que tomar ventaja de los días más templados trabajando en tareas que impliquen el exterior de la estructura, reservando los días fríos para trabajar en el interior.

- Almacenar los **BH** en un sector cercano a la estructura.
- Mantener los **BH** cubiertos y aislados del suelo para prevenir la penetración de humedad.
- El mortero de asiento debe ser producido en un sector cubierto con techo. La pila de arena debe estar recubierta para prevenir la humedad, la nieve y el hielo.
- No utilizar anticongelantes en el mortero. El cloruro de calcio se considera un acelerador y no un anticongelante. **No utilice cloruro de calcio como acelerante de fraguado cuando la mezcla se destine a estar en contacto con armaduras de refuerzo.**
- Precalentar los bloques antes de su colocación si la temperatura es muy baja o si ya se ha producido congelamiento en los mismos.
- Construir cortinas protectoras rompeviento encerrando la mampostería.

4.3.2 Tiempo caluroso

4.3.2.1 Generalidades

Al calentarse en exceso por acción de los rayos solares, el comportamiento de la mezcla de asiento y el grout pueden verse afectados. Además, una rápida evaporación de la humedad afectará la hidratación del cemento y su posterior curado.

Por otra parte, las propiedades físicas de la mampostería cambiarán con el incremento de la temperatura:

- La adherencia será más pobre a medida que los **BH** estén más calientes y secos, aumentando el rango de absorción de los mismos.
- La resistencia a la compresión del mortero y el grout será más débil por la mayor pérdida de agua por evaporación, lo que acarrea menos agua disponible para la hidratación del material cementante.
- Se afectará la trabajabilidad, ya que se necesita más agua en el mortero para mantener constante su consistencia y en el grout para hacer posible su penetración en todos los espacios internos de la pared.
- El fraguado de la mezcla de asiento y el grout será más pronto, por lo que se reduce la ventana de trabajabilidad para ambas mezclas desde el momento de su preparación.

Tabla 4.1 - Protección de la mampostería en construcción

Temperatura ambiente durante la jornada laboral	Requerimientos constructivos	Requerimientos de protección
Más de 4 °C	Procedimientos normales	Cubrir muros y materiales con polietileno o lonas impermeables para prevenir la entrada de agua al final del día o durante pausas prolongadas
Entre 4 °C y 0 °C	Calentar el agua de amasado para producir una mezcla final del mortero con temperaturas superiores a 4 °C (Ideal 20 +/-5 °C)	
Entre 0 °C y -4 °C	Calentar el agua de amasado para producir una mezcla final de mortero con temperaturas según ítem anterior	Cubrir muros y materiales con polietileno o lonas impermeables para prevenir la entrada de agua al final del día o durante pausas prolongadas. En situaciones de tiempo frío y vientos superiores a 25 km/h, deben implementarse barreras cortavientos.
Entre -4 °C y -6 °C	El mortero preparado y en espera en bandejas o carretilla debe ser mantenido por encima de los 4 °C	Mantener la mampostería a temperaturas superiores a 0 °C usando fuentes de calor o mantas aislantes por no menos de 16 horas.
Inferior a -6 °C		Idem anterior, extendiendo el período de protección, desde 24 horas hasta cuando se juzgue necesario

4.3.2.3 Manipuleo y selección de los materiales

Cuando se prevé tiempo caluroso durante la ejecución de una pared, los materiales deben ser almacenados en la sombra o en un espacio fresco, protegidos de la radiación solar.

De ser posible, un agregado mayor de cal en la dosificación del mortero aumentará la retención de agua.

Es recomendable utilizar coberturas (por ejemplo, lonas o film de polietileno) de colores claros como protección del acopio de materiales, dado que ello contribuirá a un menor aumento de la temperatura. Ello redundará además en una menor evaporación del contenido de humedad natural del agregado acopiado. Si el contenido porcentual de humedad de los áridos cae abruptamente, se deberán rociar los mismos con agua a fin de aumentar la cantidad de agua disponible para evaporación. Esto ayudará a que los áridos se mantengan más frescos.

La forma más efectiva para enfriar el mortero y el grout es elaborarlos con agua fría.

4.3.2.4 Construcción

Se debe prestar especial atención a la temperatura de todo el equipamiento que tome contacto con el mortero. Por ello, se aconseja mojar con agua fría a las mezcladoras y las herramientas, como la cuchara de albañil y las bandejas. En el caso de las instalaciones fijas, pueden cubrirse con arpillería, manteniendo a este tejido siempre humedecido.

Es recomendable mezclar pequeñas cantidades de mortero por vez, de manera que su uso sea inmediato y no haya material en espera.

También hay que evitar que el albañil extienda en exceso dicho mortero a lo largo de los tabiques longitudinales de los bloques, porque esta práctica facilita la evaporación prematura del agua de amasado.

Se deberá prever una colocación más rápida de los **BH** en el muro y tomar la precaución de humedecer levemente (por ejemplo con una pinceleta) las superficies de los **BH**, en dónde se colocará el mortero de junta, para evitar su desecamiento.

Tan pronto como el mortero pueda soportar el mojado, deberá iniciarse un "curado húmedo" del muro, en forma de suave llovizna sobre las juntas.

En caso de temperaturas extremas, se debe considerar detener la colocación de los **BH** en las horas del día más exigidas por la temperatura ambiente.

4.4 Buenas prácticas en obra para el manipuleo de BH.

4.4.1 Introducción

Antes del inicio de la obra se debe planificar de manera clara como se realizará la tarea de construcción de muros con los bloques de hormigón, evitando prácticas inseguras para los trabajadores, los equipos, y las construcciones ya ejecutadas.

4.4.2 Manipulación de bloques

Planeamiento del sitio

Para evitar múltiples traslados de los bloques en la obra, por lo que se sugiere planificar anticipadamente los sitios de acopio. Los bloques se deben colocar desde el primer momento lo más cerca posible del lugar donde serán utilizados.

Entrega al sitio

Habitualmente, los bloques se entregan en pallets conformados por una tarima de madera, y el conjunto de bloques, con una cobertura plástica (tipo film stretch). Para realizar la descarga, se utilizan máquinas elevadoras o grúas, a través de uñas metálicas, cadenas o eslingas.

Almacenamiento y protección

Para el desmontaje de las unidades, se debe tener un área preparada, firme, limpia y nivelada de manera tal de disminuir la posibilidad de que las unidades se astillen, rompan y/o ensucien con otros materiales. Cuando sea posible, se sugiere además proteger las pilas de unidades de las inclemencias del clima y del ensucio, permitiendo el paso de aire a través de ellas.

Usualmente se protege de la lluvia solamente la parte superior de la pila. Además las caras expuestas de las pilas se deberán proteger del posible ensuciamiento proveniente de otras actividades de construcción, especialmente en áreas de tránsito vehicular o con trabajos en construcción.

Cuando se almacena cemento u otros aglomerantes para las mezclas de mortero de asiento y groutings, se deben proteger frente al contacto con la humedad y otros factores que los puedan deteriorar. Si el cemento fue entregado en bolsas de papel kraft, se deben apilar de manera tal de que el material se utilice en el mismo orden de llegada, privilegiando el uso de aquéllas que tienen mayor tiempo de acopio. No se almacenará el cemento por más de 3 meses en bolsas en obra.

Se sugiere almacenar separadamente las arenas según las distintas fuentes de las que provengan y distintas fracciones, para evitar su contaminación. Igual criterio debe adoptarse para los agregados gruesos.

Los refuerzos, las juntas metálicas y los anclajes deberán ser protegidos del contacto del suelo y la humedad y, antes de ser usados, deberán eliminarse los revestimientos que puedan ocasionar problemas en las uniones.

Instalación

Con el fin de evitar una distribución desigual de los bloques, se debe asegurar que los lotes sean consistentes en cuanto a sus características estéticas y terminación. Además, cuando se instalen bloques tradicionales o arquitectónicos, deben usarse alternadamente bloques de distintos lotes que con distintas tonalidades para evitar que haya franjas horizontales en la pared terminada con bloques de color o terminación preponderantes.

Los bloques macizos y los multicelulares se deberán instalar sobre un lecho de mortero y juntas verticales substancialmente rellenas de mortero. Los bloques huecos deben ser instalados sobre mortero de asiento extendido únicamente sobre los tabiques longitudinales y transversales, con las juntas verticales substancialmente rellenas de mortero. Las cavidades que quedan delimitadas en la junta vertical entre dos bloques de una misma hilada, contiguos entre sí, no deben ser llenadas con mortero, aunque sí la junta vertical interior y exterior.

Antes de la instalación, no se debe humedecer los bloques. De ser necesario, se puede ajustar la consistencia del mortero para corregir el asiento de las unidades. Además, debe tenerse en cuenta que no se deben instalar las unidades si la temperatura ambiente se encuentra por debajo de 3 °C y disminuyendo.

Los bloques se deben instalar de manera tal de lograr un buen asiento, normalmente no menor a un cuarto del

largo del bloque. Si el asiento es menor, pueden requerir la inclusión de refuerzos de junta.

Otro factor a tener en cuenta es la cantidad de hiladas a ejecutar en altura por día. Ello depende del espesor de los bloques a utilizar, su peso, el tipo de bloque, el tipo de muro, y si se utiliza mezcla de mortero. Las condiciones climáticas del emplazamiento también afectan a las alturas a erigir ya que pueden ser restringidas por las inclemencias del clima. En general, por día, se pueden llegar a ejecutar muros de hiladas de 6 bloques (aproximadamente 1,35 m de altura).

En caso de requerirse cortar o cincelar las unidades, se debe definir un sitio de la obra en el que se realizarán los cortes. El residuo generado del corte debe ser removido completamente de las unidades antes de su instalación. El cincelado vertical se debe restringir a 1/3 del espesor del bloque y el horizontal a 1/6 del mismo.

Las juntas deben ser ejecutadas a medida que avanza el trabajo. Las juntas de terminación al ras del paramento son recomendadas cuando se desee realizar un trabajo de terminación o revestimiento del muro, posterior a su construcción, o cuando sea luego decorado. Las juntas rehundidas deben ser utilizadas con precaución, y ser ejecutadas con mano de obra entrenada.

4.4.3 Seguridad laboral

Se entiende como Seguridad al conjunto de acciones preventivas frente a las situaciones de riesgo intrínsecas del proceso de construcción. Para evitar dichos riesgos, se deben identificar y conocer las distintas etapas del proceso constructivo. Esto se refiere a:

- Entorno exterior e interior
- Aspectos propios de la obra (por ejemplo maquinaria a utilizar)
- Los procesos constructivos específicos de la obra
- Cuando se requieran movilizar cargas de peso mayor a 20 kg reducir al máximo el movimiento de los mismos

Se deben analizar los siguientes puntos para la gestión de riesgos:

1. Identificar los riesgos y evitarlos de ser posible combatiéndolos en su origen.
2. Estimar y valorar los riesgos que no se puedan evitar.
3. Adaptar el trabajo a la persona, buscando atenuar el trabajo monótono y repetitivo.
4. Tener en cuenta la evolución de la técnica.

5. Sustituir lo peligroso por otras acciones que no impliquen peligro, o lo sea en menor magnitud.
6. Planificar la prevención.
7. Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
8. Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

Para cada caso, se debe realizar un análisis de seguridad específico. En términos generales, pueden tenerse en cuenta las siguientes observaciones:

1. Las plataformas utilizadas deberán ser estables, llevar barandilla y rodapié en caso de tener más de 2m de altura.
2. Manejo de pallets: se deben utilizar ganchos, traspaletas o plataformas voladas, evitando enganchar a mano en bordes de forjado.
3. Se deben definir las entradas y salidas de materiales.
4. Los escombros se retirarán con tolvas o, en última instancia, con recipientes o bateas de bordes altos.
5. Se procurará tener caminos de circulación limpios de escombros, pasta, u otros materiales.
6. Utilizar grúas y máquinas elevadores cuando sea posible, evitando el manejo manual de los bloques.
7. Cargar las unidades a alturas mayores que la rodilla.
8. Disponibilidad y uso correcto del equipamiento de protección (ropa de trabajo, guantes, calzado y casco de seguridad).
 - En los casos de corte o cincelado material: disposición y uso del equipamiento de protección de ojos y aplicación de medidas para la eliminación o extracción del polvo generado.
 - En los casos de trabajo en altura: deberán amarrarse a puntos fijos mediante un cabo de vida.

Comportamiento Térmico y otras propiedades

#5

5. Comportamiento térmico y otras propiedades

5.1 Introducción

Los edificios a ser habitados requieren ser proyectados y construidos de forma tal que se aseguren condiciones mínimas de confort térmico interior a sus futuros ocupantes, así como también de eficiencia en el uso de la energía destinada al acondicionamiento térmico. En tal sentido es necesario tener en cuenta contemplar medidas que se enfoquen en adoptar una conveniente orientación de la vivienda, un tratamiento adecuado respecto a las ganancias de calor por radiación solar y otras fuentes internas, un nivel de aislación térmica suficiente para la envolvente en función al nivel de eficiencia deseado, y una correcta resolución de los puentes térmicos.

A diferencia de otras soluciones constructivas, la mampostería de **BH** ofrece una contribución adicional para una mayor eficiencia energética, que se debe a su elevada masa térmica. A mayor masa térmica, un muro tarda más tiempo en calentarse o enfriarse, lo que conducirá a una mayor estabilidad (inercia térmica) en el ambiente interior frente a los cambios de temperatura exterior. Así, en climas calurosos, la masa térmica puede contribuir a alcanzar condiciones de temperatura interior confortable y mitigar efectos del sobrecalentamiento, mientras que en climas fríos puede permitir aprovechar las ganancias de calor de fuente solar para reducir las demandas de energía para calefacción. Si bien la inercia térmica no es un sustituto de la aislación térmica, es sí un recurso valioso y con un potencial de aporte significativo cuando se emplea correctamente.

En verano, las ganancias de calor por fuentes internas y externas se absorberán en muros y pisos, sin conducir a variaciones relevantes en la temperatura superficial de esos elementos. De esa forma, la temperatura superficial se mantiene por debajo de la temperatura ambiente interior, tendiendo al enfriamiento. En la noche, el calor absorbido es removido por ventilación natural de aire fresco, logrando así reiniciar el ciclo en el día siguiente.

En invierno, la masa térmica permitirá reducir la demanda energética de calefacción a través del aprovechamiento de las ganancias de calor de fuente solar que inciden sobre la edificación en la parte más

calurosa del día. El calor se absorbe en muros y pisos, y se libera lentamente durante la última parte de la tarde y la noche, cuando la temperatura ambiente baja. Las ganancias de calor son, en el caso invernal, útiles para reducir las necesidades de calefacción.

En este marco, el correcto aprovechamiento de la inercia térmica se puede traducir en los siguientes beneficios:

- Atenuación de las variaciones de temperatura interna por efectos externos.
- Optimización del aprovechamiento de las ganancias de calor por radiación solar en invierno para reducir el consumo de energía para calefacción, en particular si se trata de edificios de ocupación permanente.
- Estabilidad térmica interior y mitigación del efecto de sobrecalentamiento en verano, mejorando así las condiciones de salubridad con menores demandas de energía para enfriamiento.

El aprovechamiento de la masa térmica se maximiza en las zonas con registros de temperatura más elevada en verano, y que presenten, simultáneamente, una mayor amplitud térmica diaria. En contraposición, en edificios de ocupación ocasional, por ejemplo, una vivienda de fin de semana o de uso vacacional, una elevada masa térmica podría requerir más tiempo para alcanzar temperaturas de confort, y es entonces menos aconsejable.

Por otra parte, para un uso efectivo de la masa térmica, es necesario que ella esté "expuesta" al medio interior. Ello se logra exponiendo las superficies con elevada masa térmica de pisos, paredes y cielorrasos, prescindiendo de revestimientos, cielorrasos suspendidos y pisos elevados, admitiéndose acabados con ciertos tipos de pinturas.

Si bien esta característica ha estado siempre presente en las edificaciones, y los diseños de múltiples construcciones destacadas de nuestro tiempo y anterior han aprovechado esta cualidad, solo en el caso particular de pocos países existe un marco normativo que contemple sus beneficios. En muchos casos, es habitual que los requisitos de acondicionamiento térmico sólo refieran a un nivel de aislamiento térmico mínimo que resulta independiente de la contribución de la masa térmica. Como excepciones destacaremos a los siguientes 3 casos.

En Nueva Zelanda, la norma NZS 4218 reconoce el efecto benéfico que deriva del aprovechamiento de la

masa térmica en términos de confort interior y reducción del consumo de energía, en base a estudios de investigación realizados por Building Research Association, Lincoln University, y Cement & Concrete Association. Por tal razón, cuando se utilizan soluciones que reportan una elevada masa térmica, y se emplean junto con un diseño solar pasivo correcto, las exigencias en términos de aislación térmica son menores. En sus efectos prácticos, la norma diferencia los requisitos de transmitancia térmica en elementos de la envolvente en función a las zonas bioclimáticas del país y si se trata de soluciones constructivas con baja o alta inercia térmica. De acuerdo con el enfoque de este país, se considera elevada masa térmica a aquellas soluciones que presenten una "densidad superficial" de, al menos, 215 kg/m² de superficie expuesta, cumpliendo esta condición, por ejemplo, los muros de mampostería de bloques de hormigón de 190 mm de espesor con sus huecos completamente llenos con grout.

En el Reino Unido, la revisión de SAP ("The Government's Standard Assessment Procedure - SAP- for Energy Rating of Dwellings") del año 2009 incorporó un criterio para considerar el aporte de masa térmica como beneficio en la prevención del sobrecalentamiento en las viviendas. La inercia térmica es útil para suavizar estas ganancias y pérdidas de calor, y ayuda a estabilizar la temperatura interna, en particular durante la parte más calurosa del día (es decir, la tarde) para proteger a los ocupantes.

En el apéndice P de SAP se establece un procedimiento para la evaluación de la temperatura interna en verano en una edificación. Con él se determina qué tan propensa es la misma a alcanzar una alta temperatura interna en verano o en épocas de alta temperatura, valorándose la contribución de la inercia térmica de la solución constructiva en tal análisis.

Un criterio similar al caso anterior se aplica en Chile, a través del cual se evalúa el riesgo de sobrecalentamiento mediante un indicador que tiene en cuenta 5 parámetros. Cada uno de ellos se pondera con un valor de 0 a 1, debiendo ser la suma de ellos no mayor que 3. Se evalúan las ventanas, las ganancias internas, la aislación térmica (si es mínima, se atribuye un valor de cero; si es máxima, se asigna un valor de 1), la ventilación y la materialidad (si la inercia térmica es mínima, se aplica un valor de 1). La contribución de la inercia térmica en el análisis de sobrecalentamiento es favorable cuando exista una ventilación adecuada, particularmente por la noche, para que el aire más

frío elimine el calor que se ha acumulado en el interior durante el día.

En Argentina, los elementos de la envolvente térmica deben cumplir con valores máximos admisibles de transmitancia térmica definidos en la norma IRAM 11605 en función de la zona bioambiental que corresponda según lo indicado en la IRAM 11603. La transmitancia térmica (K) se debe determinar experimentalmente de acuerdo con la IRAM 11564, o bien analíticamente según la norma IRAM 11601. Asimismo, el riesgo de condensación superficial e intersticial se evalúa de acuerdo con las normas IRAM 11625 y 11630.

5.2 Resistencia térmica

La eficiencia del aislamiento térmico de los diferentes componentes que integran un edificio, sean muros, techos, pisos u otro cerramiento, está íntimamente ligado a la capacidad de los mismos para ofrecer resistencia al flujo de calor.

Para cada material homogéneo, la inversa del valor de Resistencia Térmica (R) es lo que comúnmente se conoce como el coeficiente de transmitancia térmica "K", vale decir que cuando más alto sea "R" más bajo será el valor de "K".

Conociendo este coeficiente, específico para cada tipo de cerramiento, se dispone de un parámetro que permite cuantificar el verdadero comportamiento térmico de los distintos materiales o soluciones constructivas y lograr así el grado de aislamiento térmico pretendido por la norma.

5.3 Coeficiente "K"

El valor del coeficiente de transmitancia térmica "K" depende directamente de los materiales que forman el cerramiento, y su valor admisible dependerá de la función del mismo, es decir si trabaja verticalmente como muro u horizontalmente como techo.

Los materiales usuales en la construcción oponen diferentes resistencias al paso de calor, ya sea por su naturaleza como así también debido a los espesores adoptados (e: [m]) ya la conductividad térmica λ . [W/m²°C] de cada uno.

La conductividad térmica λ es una propiedad específica de un gas, líquido o sólido, y refleja la cantidad de calor (energía) que atraviesa perpendicularmente un área unitaria de un material homogéneo por unidad de espesor, cuando se produce un salto térmico de 1 °C.

Si una pared está compuesta por capas de espesor uniforme, pero de diferentes materiales en contacto o separadas por cámaras de aire continuas y de espesor uniforme, la resistencia térmica "R" de cada capa puede calcularse como el cociente espesor / conductividad (e/λ). Combinadas entre sí a través de una suma simple, incluyendo valores estándar de R para las cámaras de aire y resistencias superficiales, es posible obtener el valor definitivo del R total.

Los valores de conductividad térmica λ se obtienen de las tablas incluidas en la Norma IRAM 11601 "Acondicionamiento térmico en edificios".

En la figura que se encuentra a continuación se incluye un comparativo de la resistencia térmica correspondiente a diferentes compuestos o sistemas de muros y techos, observándose el diferente comportamiento que ofrecen los materiales de acuerdo con su naturaleza, para un mismo espesor, que en este caso es de 10 cm.

En tiempo pasado, el acondicionamiento térmico se aseguraba a través de espesores generosos de los muros (p. e. iglesias), mientras que en la actualidad se utilizan diferentes tipos de materiales para lograr iguales o mejores condiciones con espesores mucho menores.

5.4 Pérdidas de calor

En muchas casas y edificios, especialmente de construcción reciente, son varias las causas de derroche innecesario de energía:

a) Excesivos gastos de calefacción

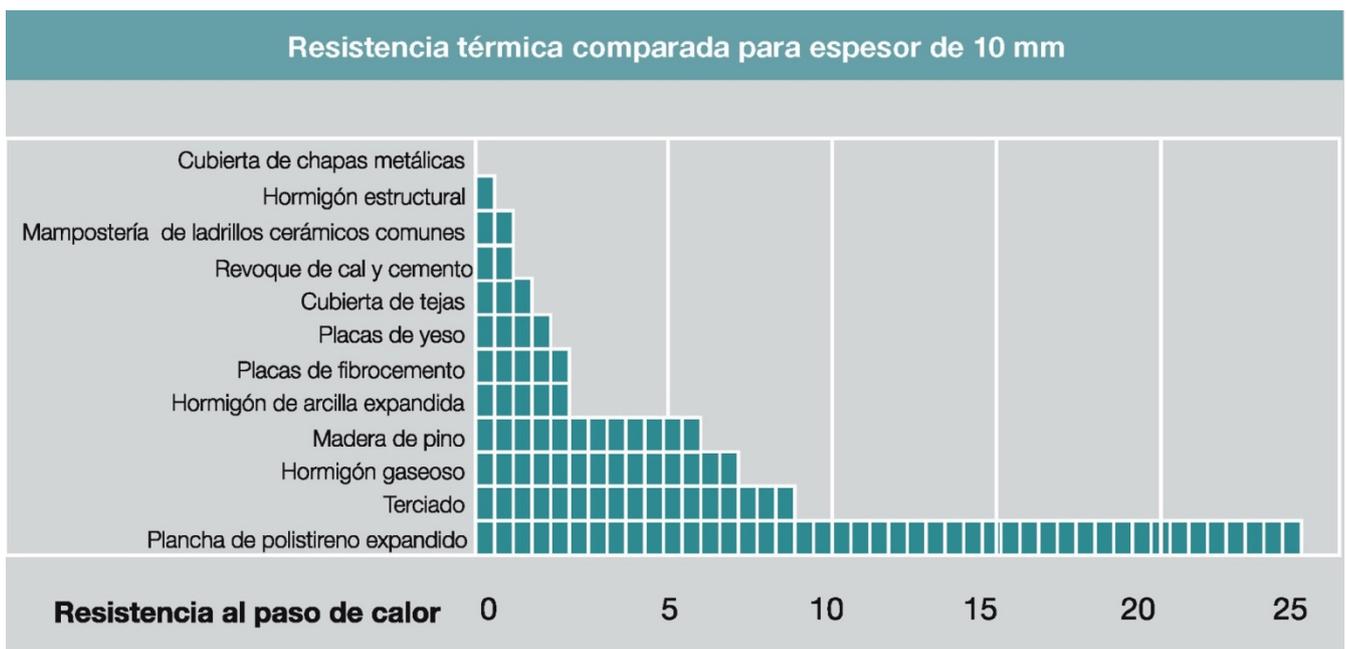
Éstos pueden originarse por:

- Muros delgados de materiales inadecuados, poco aislantes.
- Techos con deficiente aislación o sin ella.
- Excesiva superficie de ventanas o paños transparentes.
- Sobreventilación por mal ajuste de puertas y ventanas.
- Inadecuado o deficiente sistema de calefacción.

b) Excesivos gastos de refrigeración

Éstos pueden originarse por:

- Muros soleados y mal aislados.
- Techumbre sin suficiente aislación.
- Exceso de ventanas soleadas.
- Pinturas y terminaciones exteriores mal elegidas.
- Inadecuado, deficiente o mal uso del sistema de refrigeración.
- Sobreventilación.



Fuente: Manual de Construcción Industrializada. Mac Donnell, H; Mac Donnell, H P. Revista Vivienda SRL. Año 1999.

El diseño, los materiales, la distribución y la orientación tienen mucha importancia en el balance energético de un edificio. Por ejemplo una planta cuadrada, sin pronunciadas salientes o entrantes, ofrece pérdidas mínimas por tener un perímetro mínimo. En consecuencia, mientras mayor sea la superficie de la envolvente para un volumen dado, mayor será el gasto de energía por calefacción o por aire acondicionado.

Pero esto también depende del tipo de edificio, ya sea éste una casa unifamiliar en línea, paralela o aislada (sin construcciones colindantes unidas a ella), un edificio de departamentos en torre, un edificio industrial o uno de uso público.

Por ejemplo, en una casa de un piso, las pérdidas potenciales por el techo pueden superar el 50 % de las pérdidas totales. En cambio en un edificio tipo torre de 20 pisos, las pérdidas por el techo fluctuarán alrededor de 5 % de las totales.

A continuación, se analizará una casa unifamiliar de construcción común, con las siguientes características:

- Superficie cubierta: 96 m².
- Planta: 12 m x 8 m.
- Superficie de ventanas: 23,5 m².
- Superficie de muros: 78 m².
- Espesor de muros: 200 mm.

- Tipo de muro: albañilería, ladrillo a la vista; pilares y encadenados de hormigón armado; techo a dos aguas; cubierta de planchas de asbestocemento; cielorraso de volcanita; entretecho ventilado; ventanas con marcos de chapa; pisos de plástico sobre platea de hormigón.
- Cielorraso: volcanita de 15 mm sin aislación, superficie 90 m².
- Temperatura exterior: 5 °C.
- Temperatura interior: 20 °C.

Para esta vivienda, los valores de la energía térmica perdida por hora son los que se muestran en la tabla 5.1.

Se ve claramente la incidencia del techo (57 %) en la pérdida total de calor, en comparación con los muros (16 %). De allí la importancia que tiene analizar los elementos de la envolvente en forma racional.

A continuación se verá qué sucede cuando se aplica el mismo nivel de exigencia en muros al resto de los elementos de la vivienda (Tabla 5.2), mejorándose la pérdida de calor en los porcentajes allí indicados.

El cambio fundamental entre una y otra alternativa consistió en brindar una aislación integral del techo, por medio de planchas de poliestireno expandido.

Tabla 5.1 - Pérdidas de calor (W) en una vivienda unifamiliar

Item	Elemento	Superficie (m ²)	K (W/ m ² °C)	Energía perdida (W)	% Total	
1	Techo	90,0	5,40	7,290	57,4	
2	Ventana	23,5	5,50	1,938	15,3	
3	Puertas exteriores	3,4	4,65	237	1,9	
4	Muros	77,5	1,78	2,069	16,3	
5	Pisos	Perímetro 40 m		1,172	9,2	
				Total	12,706	100,0

Tabla 5.2 - Ahorro de energía en una vivienda mejorada (%)

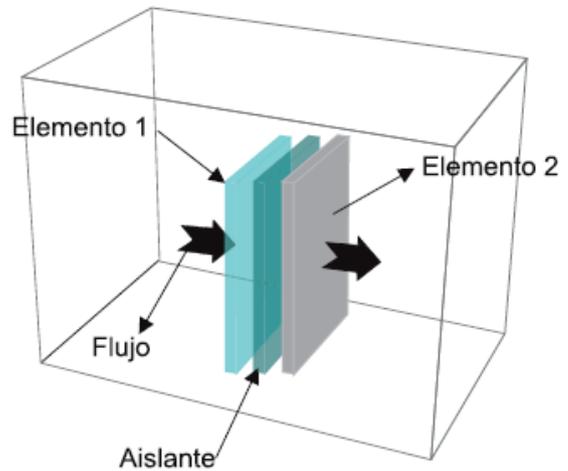
Item	Elemento	Original	Mejorado	Ahorro
1	Techo	57,4	7,4	50,0
2-3	Ventana y Puertas	17,1	11,8	5,3
4	Muros	16,3	15,5	0,8
5	Pisos	9,2	7,2	2,0
Total		100,0	41,9	58,1

Este ejemplo sirve para comprobar cómo modificaciones en el diseño y en los materiales que no encarecen significativamente la obra, pueden producir un ahorro energético importante. Si se hiciesen cambios de aislación más elaborados, el ahorro fácilmente podría elevarse al 75 %.

Esto confirma que **NO** son los muros los principales responsables del acondicionamiento térmico de una construcción habitable, sino que hay que considerar de manera integral todos los componentes de los cerramientos horizontales (fundamentalmente) y verticales.

La Norma IRAM 11601 establece los métodos admitidos para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (K), y las consideraciones aplicables al análisis de cámaras de aire, la dirección del flujo de calor, entre otros aspectos. Asimismo, esta norma también contiene valores de referencia sobre las propiedades de los distintos materiales que se necesitan para los cálculos anteriores.

El método de cámara térmica o caja caliente (IRAM 11564) es un procedimiento para medir la transmitancia térmica de muros y elementos de construcción a escala real. Durante el ensayo, se coloca el muro en prueba en posición vertical entre ambas cámaras, las que mantienen estables su temperatura. Una de las cámaras simula un ambiente caliente por medio de resistencias eléctricas, y la otra simula un ambiente frío por medio de un sistema de refrigeración. (ver esquema siguiente).



En el Anexo 4 del presente manual se incluye el informe de ensayo de caja caliente encomendado por la AABH a la Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica de INTI Construcciones, conjuntamente con el informe del ensayo de un muro de bloques de hormigón de densidad normal, revestido en ambas caras con revoque tradicional y con sus huecos rellenos con poliestireno expandido molido.

A continuación se incluye la Tabla 5.3 que muestra los resultados de los ensayos realizados sobre distintos elementos, donde se observa que todos ellos, incluida la mampostería de **BH** de 20 cm de espesor, exceden para la condición de invierno el valor máximo de transmitancia térmica correspondiente al nivel B de la IRAM 11605. En consecuencia es necesario adoptar una de las alternativas de aislación térmica que complementan a la mampostería de BH.

Tabla 5.3 - Valores de "K" determinados en Caja Caliente para distintos tipos de muros

Elemento	Tipo de muro	Espesor total (mm)	Densidad Media aparente (kg/m ³)	Transmitancia térmica $K = W / (m^2 \text{ } ^\circ C)$
1	Albañilería de ladrillos hechos a mano	200,0	1,580	2,15
2	Bloque de Hormigón Densidad Normal	200,0	2,100	2,63
3	Ventana de doble vidrio (con cámara de aire)	20,0	-	2,72
4	Ventana vidrio simple	3,6	2,500	5,50

5.5 Estándares mínimos de calidad para viviendas de carácter social

La Res 59-2019 de la Secretaría de Vivienda de la Nación, del ex Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, constituye el marco legal vigente en cuanto a estándares de calidad mínimos que se especifican para las viviendas de interés social. Esta resolución incluye definiciones respecto a aspectos de integración social, localización de los proyectos, diseño urbanístico, requisitos para la vivienda, durabilidad mínima, eficiencia energética y uso de energías renovables.

En atente a las prestaciones energéticas y el desempeño de la envolvente en cuanto al acondicionamiento térmico, esta Resolución establece que la transmitancia térmica del muro exterior y el techo deberán cumplir mínimamente con los requisitos del nivel de confort B de la norma IRAM 11605. Asimismo, los puntos singulares de la envolvente, en los que pueda originarse condensación, deben ser estudiados de acuerdo con la norma IRAM 11630, al efecto de su adecuada resolución. En tanto, en lo relativo al estudio y verificación del riesgo de condensación, se especifica aplicar lo establecido en la norma IRAM 11625.

En cuanto a la durabilidad, esta Resolución define como requisito una vida útil mínima esperada para la vivienda de 30 años, un requisito que es ampliamente superado por las soluciones en mampostería de **BH**, por cuanto su durabilidad excede nítidamente períodos incluso superiores a los 50 años.

Por último, en cuanto a la seguridad frente a la carga de fuego exige estabilidad de la estructura en grado F-60, y en las paredes delimitadoras entre viviendas un grado de resistencia mínimo de RF-60. Como se ha desarrollado en capítulo 3 de este manual, la mampostería de **BH** satisface estos requisitos con suficiencia.

5.5.1 Valores máximos de transmitancia térmica "K".

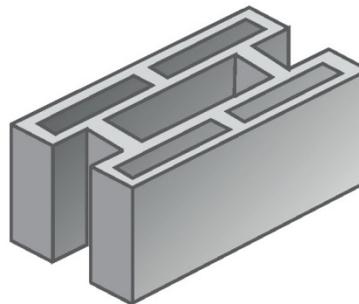
La Norma IRAM 11605 antes mencionada, establece los valores máximos de transmitancia térmica que se deben respetar para obtener las condiciones mínimas de habitabilidad en Argentina.

La Norma IRAM 11603 "Acondicionamiento térmico de edificios; Clasificación bioambiental de la República Argentina" divide al país en diferentes zonas bioambientales de acuerdo con las características climáticas de cada una.

Para poder verificar estos valores, la mampostería de hormigón debe ser diseñada adecuadamente, lo que puede conseguirse de varias formas:

a) Bloque multicelular

Este **BH** existe desde el comienzo mismo de la historia de la mampostería de hormigón, y fue ampliamente utilizado en los EEUU hasta que fue desplazado por el bloque de dos huecos, que es más práctico para armar la estructura.



Ventajas e inconvenientes:

- Disminuye el valor de la transmitancia térmica (K) y reduce la necesidad de adicionar elementos aislantes.
- Peso excesivo, lo que se traduce en un bajo rendimiento o productividad, tanto en la colocación como en el acarreo.
- Mayor cantidad de hormigón por **BH**, por lo tanto mayor costo de la unidad.
- Se requiere una mayor cantidad de piezas (tales como bloques especiales para las columnas, etc.) para formar un sistema constructivo integral.
- No se dispone de bloques rebajados o tipo canaleta, por lo que los dinteles y encadenados horizontales deben ser construidos con bloques "U", que no permiten el paso de las barras verticales.

b) Muros con bloques de hormigón "aliviados"

La disminución del peso específico del **BH** se logra mediante el uso de agregados livianos en su fabricación, generalmente de origen volcánico, estableciendo valores de densidad aparente más bajos (1500 a 1700 kg/m³) con respecto a la normal (1950 a 2100 kg/m³). Esto implica una reducción de los valores de conductividad térmica λ , y por ende un aumento de la resistencia térmica ($R = e/\lambda$).

Ventajas e inconvenientes:

- Disminuye el valor de transmitancia térmica (K).
- Aumenta la absorción de agua debido a su elevada porosidad y a la avidez de agua del agregado liviano.
- Los muros expuestos a la intemperie deben ser siempre revocados, dado que un simple pintado exige varias capas y un mayor consumo de pintura.
- Tienen poca capacidad estructural, ya que al bajar la densidad del **BH**, también disminuye su resistencia mecánica.

c) Muros rellenos con material aislante

Ésta es una de las prácticas más comunes, y consiste en rellenar todos los huecos resultantes en el interior del muro con material aislante suelto o dividir las cámaras de aire mediante insertos de EPS en placas.

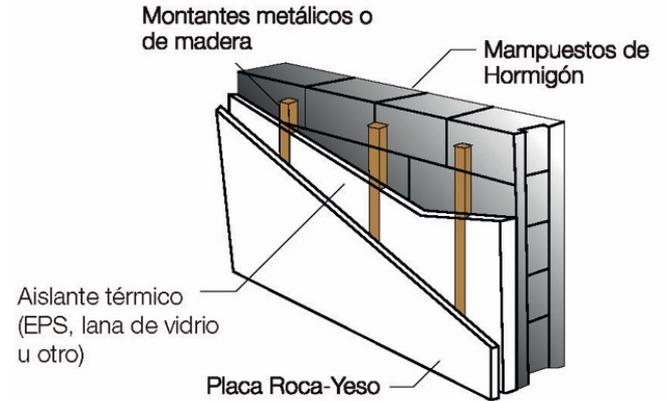
El relleno puede ser poliestireno expandido molido, vermiculita, perlita expandida, etc., materiales que se cuelean utilizando un ramal "Y" de PVC de 10 cm de diámetro, lo que permite el libre escurrimiento del material de relleno, en tanto el aire contenido en interior de las celdas es desplazado hacia el exterior por el mismo caño.

Es conveniente que estos materiales sean compactados con un pisón de base ancha cada 2 o 3 hiladas.



d) Muros enchapados con material aislante

Ésta es la solución más generalizada. Por lo general, este enchapado se realiza en las paredes más exigidas desde el punto de vista térmico. Se puede dejar una cámara de aire o rellenarla con material aislante (manta de fibra de vidrio, placas de poliestireno expandido, etc.)



Ventajas e inconvenientes:

- Mejora el valor de transmitancia térmica (K), con respecto al muro de hoja simple.
- Mayor velocidad constructiva.
- Construcción en seco.
- Simplicidad en las instalaciones.
- Mayor costo.
- Superficie expuesta más débil a los golpes y choques del mobiliario.

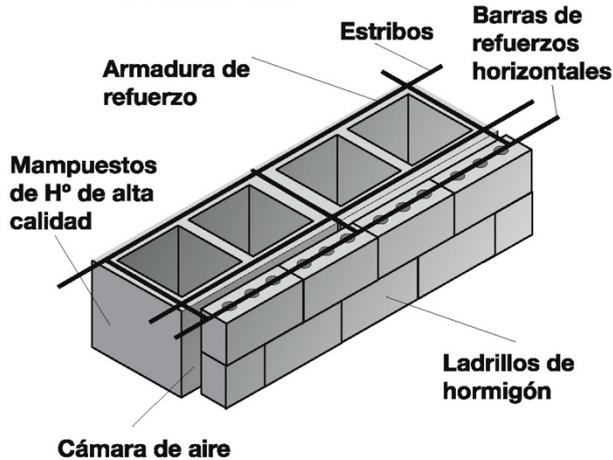
e) Doble muro

El doble muro se logra mediante la combinación de **BH** portantes 20 x 20 x 40, vinculados con otro tipo de mampuestos tales como **BH** de menor ancho, ladrillo macizo común, bloques cerámicos para tabiques, o ladrillos de hormigón.

Las dos hojas de muro quedan separadas, generando una cámara de aire que puede o no ser rellena después con algún material aislante. Para mantener la capacidad resistente del conjunto es necesario vincular las dos hojas con estribos dispuestos en forma perpendicular y con una separación constante.

Ventajas e inconvenientes:

- Mejora el valor de transmitancia térmica (K), con respecto al muro de hoja simple.
- Mayor posibilidad de crear diferentes texturas.
- Mayor costo de mampostería.
- Mayor tiempo de obra.
- Mayor ocupación de la superficie en planta.
- Mayor peso de la mampostería.

**f) Sistema de aislamiento térmico exterior - SATE (EIFS)**

Sistema de aislamiento térmico exterior con revestimiento incluido, denominado "EIFS" por sus siglas en inglés "exterior insulation finishing system". Es un sistema que se utiliza para el aislamiento térmico de edificios desde el exterior. Consiste en una placa de aislante térmico la cual es fijada/adherida al muro la cual es reforzada con una malla de fibra de vidrio combinada con un mortero cementicio premezclado y especialmente diseñado para tal fin.

- Los sistemas EIFS se pueden clasificar en función del tipo de fijación, material aislante utilizado, por aplicación y tipo de acabados.
- Es especialmente importante respetar la concepción del EIFS como un sistema integral de fachadas.
- Se utilizan tanto en nueva construcción como en rehabilitación de edificios.
- La placa de EPS tiene un $\lambda = 0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$

¿Cómo se aplica?

- 1 Colocar el adhesivo sobre la placa
- 2 Presentar las placas sobre el Bloque de Hormigón
- 3 Fijar las placas
- 4 Tomar las fijaciones y solapes con basecoat
- 5 Colocar una capa de basecoat sobre toda la Superficie





g) Bloque con inserto de EPS

Esta alternativa se conoce desde hace mucho tiempo en países en donde la mampostería de hormigón es masivamente utilizada en todo tipo de construcción y en particular en viviendas.

Consiste en levantar las paredes con bloques que salen de fábrica con un inserto de poliestireno expandido de alta densidad con un espesor que varía de 30 a 60 mm. Este se ubica entre dos placas de hormigón las que a su vez tienen unas ranuras que hacen de cámara de aire.

De esta forma se obtiene un mampuesto tipo "sándwich" con corazón de EPS secundado por dos o más cámaras de aire en cada paramento. Es importante destacar que este mampuesto no tiene puentes térmicos dado que las "tapas" de ambos lados se adhieren perfectamente al núcleo de EPS.

El muro terminado con estos mampuestos tiene una excelente resistencia térmica R , habiendo sido sometido a ensayos de Caja Caliente en laboratorios debidamente acreditados. El valor del coeficiente de transmitancia térmica K resulta por debajo de $1 \text{ W/m}^2\text{K}$, cuyo valor final dependerá del espesor del inserto.

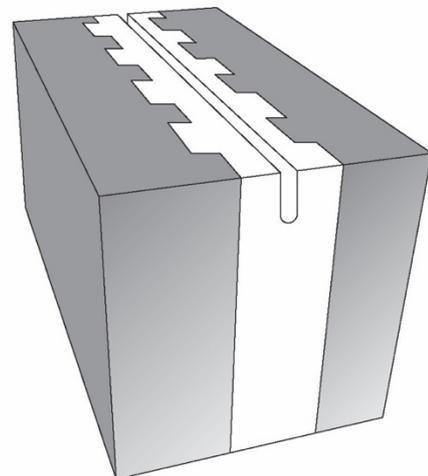
Esto significa que cuando se proyecta un muro con este mampuesto en una vivienda, se reduce significativamente el valor del K_{max} admisible de Norma IRAM 11605, verificando en todas las zonas bioambientales definidas en la Norma IRAM 11603. Otra consecuencia directa es que la misma vivienda consumirá menos energía de calefacción en invierno y de refrigeración en verano.

Es importante aclarar también que no existe un solo tipo de bloque de hormigón con esta solución, sino que se han desarrollado sistemas que permiten

además distribuir barras de refuerzo en sentido vertical, lo que termina de completar varias funciones básicas de este tipo de cerramiento: cierre del ambiente; aislación hidrófuga; excelente comportamiento higrotérmico y alta capacidad portante y resistente a las cargas verticales y empujes laterales.

Ventajas

- Aislamiento térmico
- Máxima resistencia
- Aislamiento acústico
- Ignífugo
- Economía
- Fácil de aplicar
- Máxima durabilidad
- Velocidad constructiva



- Resistencia térmica
- Variable según sea el espesor del inserto de EPS; $K \leq 1$.
- $K = 0,87 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Cumple con la ley 13059 de acondicionamiento térmico de la provincia de Buenos Aires.
- Resistencia mecánica: 7,3 MPa.

Conclusiones

El confort y la habitabilidad de la vivienda son de gran importancia, por lo que se debe analizar el proyecto en las características de diseño y funcionales que permitan alcanzar un confort térmico adecuado para los ocupantes, así como un nivel suficiente de eficiencia energética.

En la envolvente general de la vivienda, los fenómenos de transferencia de calor con el medio exterior son mayores a través del techo que de los muros, por lo que evidentemente oportuno prestar especial atención a su aislación térmica adecuada.

Las paredes de muros que pertenecen a la envolvente térmica exterior deben ser aisladas, sobre todo en aquellas con orientaciones más desfavorables, siendo igualmente importante analizar el riesgo de condensación intersticial según lo establecido en la norma IRAM 11625 "Verificación del riesgo de condensación", en particular en ambientes mal ventilados o con exceso de generación de vapor de agua.

Existen muchas alternativas posibles para mejorar el comportamiento de una pared de **BH**, siendo las más conocidas las siguientes: colar material aislante en los huecos; dividir las celdas con tabiques de material aislante; utilizar bloques de dos cámaras o de varias (multicelular) fabricados con agregados livianos; forrar las superficies con material aislante o placas de yeso. Siempre es posible lograr una solución térmica, técnica y económicamente factible utilizando **BH**.

Como una forma sencilla de verificar el comportamiento global de la vivienda, se recomienda el empleo de la Norma IRAM 11604 "Ahorro de energía en calefacción. Coeficientes volumétricos G de pérdidas de calor", en la que se establece la metodología de cálculo del coeficiente global de pérdidas "G".

Por último, en nuestro país se encuentra en implementación un programa de etiquetado de eficiencia energética en inmuebles destinados a vivienda, en aplicación de la norma IRAM 11900 "Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo". Si bien esta norma comprende los aportes de energía primaria utilizada en todo concepto, incluyendo al uso en climatización, agua caliente sanitaria, energía solar térmica y fotovoltaica e iluminación, y por lo tanto

no es indicativa de las prestaciones energéticas estrictas sobre el acondicionamiento térmico, constituye una herramienta relevante para valorar "índice de prestación energética" (IPE)" de cada vivienda, y así clasificar su eficiencia energética global medida en términos de kWh/m² al año.

5.5.3 Condensación de humedad en viviendas. Generalidades

El aire, además de nitrógeno, oxígeno y cantidades menores de argón y dióxido de carbono, contiene siempre una cierta cantidad de vapor de agua que juega un importante papel en diversos aspectos referidos a la habitabilidad de viviendas ya que, bajo determinadas condiciones de presión y temperatura el vapor de agua, se condensa.

Para cada presión de vapor de agua existe una temperatura en la cual comienza el cambio de estado gas-líquido. Esta curva se denomina "de tensión de vapor saturado".

Para cada punto de la curva corresponden, además, determinadas densidades de vapor que, para una presión dada, es la máxima densidad de vapor de agua que puede contener el aire. Si se mantiene constante la presión y se disminuye la temperatura, se producirá condensación del agua contenida en el aire en forma de líquido. Si a una temperatura dada se introduce más agua en el ambiente, la presión de vapor no aumentará por encima de la de vapor saturado, pues el exceso de agua se condensará en forma de líquido.

Se llama humedad absoluta a la densidad de vapor de agua que existe en un ambiente. Ésta se mide en g/m³.

Se llama humedad relativa (γ) de un recinto a la relación entre la densidad de vapor existente y la máxima densidad de vapor que podría existir en ese recinto a la misma temperatura. La humedad relativa varía entre "0" y "1" aunque, generalmente, se multiplica el resultado por cien y se lo expresa en forma porcentual [$\gamma = 0,8 = 80\%$].

El punto de rocío es la temperatura para la cual, a una presión de vapor determinada, se produce condensación. Si el aire en un recinto está por encima de la temperatura de rocío, pero la superficie de una pared está por debajo de la misma, se producirá condensación sobre dicha pared.

El concepto de humedad es un concepto relativo, ya que debe tenerse en cuenta la temperatura como elemento determinante. Por ejemplo, comparemos

en la Tabla 5.5 las diferencias entre una humedad del 40 % a 30 °C y una humedad del 90 % a 5 °C. Encontramos que un 40 % de humedad a 30 °C implica una presión de vapor y una densidad que duplican la de una humedad relativa mucho más alta, pero a una menor temperatura.

5.5.3.1 Humedad - Causas y efectos

Algunos efectos nocivos de la humedad en las construcciones son:

- Pérdida de aislación térmica
- Deterioro estético, manchas, hongos, burbujeo de los aislantes hidráulicos, deterioro de las pinturas, corrosión de los metales, pudrición de maderas, agrietado de los mampuestos durante las heladas, eflorescencias, etc.

En consecuencia, es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Asegurar una rápida ventilación al exterior de todos los aparatos que producen cantidades apreciables de vapor de agua.
- Evitar todo tipo de calefacción en la que los gases de combustión NO sean evacuados en gran parte al exterior.
- Evitar la superpoblación de los ambientes.

5.6 Aislación hidrófuga

5.6.1 Mecanismo de penetración de agua de lluvia en paredes

La penetración de agua de lluvia y la aparición de humedad en el interior de los locales es un problema serio, que afecta a gran cantidad de edificios.

Por penetración de agua de lluvia, se entiende a la entrada de humedad en una pared por la superficie expuesta de la misma, por las juntas en ventanas o por instalaciones similares. No es necesario que el agua penetre hasta lugares donde es perceptible en el interior de la pared para que deba ser considerada.

Cuando el agua de lluvia golpea la superficie de una pared, es primeramente absorbida por el material de la misma. Si la lluvia persiste y se acentúa, entonces va más allá de la mera absorción y el agua comienza a formar una película que es más gruesa sobre la parte inferior que en la parte superior, por el efecto de escurrimiento.

Esta película forma un puente sobre las pequeñas grietas inevitables en la pared de albañilería. El viento que actúa sobre la pared genera una diferencia de presión sobre la película de agua, y esta diferencia de presión fuerza a la película a introducirse en la pared.

La penetración de agua de lluvia parece ocurrir y ser importante en grietas entre 0,1 mm y 4 mm de ancho. La presión del viento es adicional a la succión capilar y esto resulta más importante para las fisuras más pequeñas que 0,5 mm.

Cuando una pared está saturada, sólo una pequeña diferencia de presión basta para introducir el agua en la pared y consecuentemente hacerla perceptible en el interior del local. Los factores para ser considerados en la penetración de agua de lluvia son: las propiedades de la pared, la cantidad del agua que golpea la misma y la presión que ejerce el viento sobre ella.

La presión del viento está determinada por su velocidad y la forma, orientación y condiciones de exposición del edificio. En general, la diferencia de presión sobre la pared no es demasiado alta, pero puede hacerse mayor cuando las condiciones son desfavorables.

Tabla 5.4 - Comparación de parámetros para diferentes valores de humedad y temperatura

Humedad 40 % a 30 °C	Humedad 90 % a 5 °C
$P_{vs} = 31,82 \text{ mm Hg}$ $\gamma_{vs} = 30,3 \text{ g/m}^3$	$P_{vs} = 6,54 \text{ mm Hg}$ $\gamma_{vs} = 6,8 \text{ g/m}^3$
$P_v = 0,4 \times 31,82 = 12,7 \text{ mm Hg}$ $\gamma_v = 0,4 \times 30,3 = 12,15 \text{ g/m}^3$	$P_v = 0,9 \times 6,54 = 5,89 \text{ mm Hg}$ $\gamma_v = 0,9 \times 6,8 = 6,12 \text{ g/m}^3$
Donde P_v = Presión de vapor, γ_v = Densidad del vapor	

a) Hidrofugantes que penetran en la pared

Tabla 5.5 - Valores recomendados de la humedad relativa interna

Condición	Temperatura interna		
	20 °C	18 °C	15 °C
Normal	65 %	70 %	75 %
Severa	75 %	80 %	85 %
De pico	80 %	85 %	90 %

Tabla 5.6 - Influencia del tipo de vidrioado de las aberturas sobre la condensación

Condición de humedad	Normales ($\phi=65\%$)	Severas $\phi=75\%$)	De pico ($\phi=75\%$)
Vidrio simple	11 °C	14 °C	15,2 °C
Vidrio dobles	2 °C	7,8 °C	10,5 °C
Con cortina de madera	-2,5 °C	4,5 °C	8 °C

Siendo Φ = Humedad relativa

5.6.2 Permeabilidad en muros de BH

En el año 1996, a través de un convenio firmado entre el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba y la Asociación Argentina del Bloque de Hormigón, se realizó un trabajo de investigación sobre penetración de agua en muretes contruidos con **BH**.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de muros de **BH** con distintas variables en su diseño constructivo, frente a la acción del viento y la lluvia. Dicha acción fue materializada en el laboratorio a través de un equipo de ensayo desarrollado en base a la Norma ASTM E514 "Penetración de agua a través de muros". Mediante este procedimiento se determina la resistencia a la penetración de agua y filtraciones a través de mampostería, ensayado bajo simulación de viento y lluvia artificial. El Anexo 2 del presente capítulo incluye el informe completo de los ensayos realizados.

Entre los muretes ensayados se incluyeron prototipos de mampostería de **BH** tratada superficialmente con pinturas a base de siliconas y cementicias. Ambos casos demostraron en laboratorio un excelente comportamiento.

Los sistemas de pinturas para proteger los muros se dividen básicamente en dos tipos:

Se trata de productos hidrófugos penetrantes de poro abierta que repelen en superficies con poros de hasta 3 mm de abertura superficial.

Al ser absorbidos, penetran unos pocos milímetros dentro de la mampostería, sin formar una película sobre la superficie, permitiendo la transmisión de vapor de agua, es decir que permiten "respirar" al muro.

Generalmente se trata de líquidos muy fluidos que se aplican a soplete o con una máquina de pintar a presión, sobre la pared bien seca, para lograr la absorción del producto y no dejan brillo superficial. Son ejemplos de este tipo de hidrofugantes las siliconas diluidas en solventes (silanos, siloxanos o mezclas de ellos).

b) Hidrofugantes que forman una película en la pared

Son pinturas transparentes o de color que forman una película continua sobre el muro, la que evita el paso de humedad.

Por lo general, las pinturas transparentes dejan brillo en la superficie, y las de color pueden ser con brillo, semi-mate o mate. Tienen menor resistencia a los rayos ultravioletas.

También deben aplicarse sobre las paredes secas; caso contrario la humedad que queda atrapada y ampollará la pintura aplicada. Generalmente se trata de pinturas acrílicas, plásticas, de látex, e impermeabilizantes para exteriores.

Si las paredes están bien construidas y no presentan microfisuras ni grietas de más de 2 mm a 3 mm (juntas bien tomadas, etc.) se recomienda optar por el primero de los tipos nombrados (que penetran en el muro), pero si la pared tiene algunos defectos que evidencian porosidad o aberturas significativas es preferible elegir los segundos (que forman película), debido a que dicho film permite obturar fisuras un poco mayores.

La calidad de cada pintura está definida por su capacidad hidrofugante, rendimiento, adherencia con el sustrato, duración, apariencia, posibilidad de reaplicación, capacidad de transmitir el vapor de agua, entre los factores principales. Se deben seguir estrictamente las recomendaciones de dosificación, colocación, duración y mantenimiento que indica cada fabricante y de ser necesario, hacer una prueba previa para evaluar la calidad del producto a aplicar.

Conclusiones y recomendaciones

- Todos los muros de **BH** exteriores, cualquiera sea su diseño, deben llevar algún tipo de tratamiento superficial.
- El muro tratado superficialmente con revoque plástico presenta un buen comportamiento, aunque deberá prestarse especial atención a la durabilidad del producto cuando esté sometido a la intemperie por un período superior a un año.
- Los muros tratados superficialmente con revoque tradicional de albañilería presentan también un buen comportamiento, tanto en laboratorio como en el exterior.
- La mayor parte del agua que penetra en un muro sin ningún tipo de tratamiento lo hace, fundamentalmente, por la junta vertical de mortero.
- No se recomienda el uso de bloques y juntas de mortero de asiento tratadas con hidropelente, ya que se pierde el puente de adherencia entre ambos y se facilita el ingreso de humedad por las juntas.
- Un muro de **BH** tratado con pintura hidropelente siliconada de base solvente presenta un muy buen comportamiento en laboratorio.

Sin embargo, se han detectado casos de ingreso de humedad en viviendas recubiertas con este tipo de pintura luego de transcurrido un determinado período de tiempo. Esto implica que deben realizarse más ensayos ejecutados in-situ, en paredes sometidas a la acción de la lluvia y el viento en forma simultánea, para verificar que las siliconas no sean removidas por la acción del agua y el viento.

- Un muro de **BH** tratado con pintura cementicia, con el agregado de un aditivo que contenga una dispersión de resinas termoplásticas de alto grado de polimerización (½ litro de aditivo en 6 ½ de agua por cada 5 kg de material), también presenta una aislación hidrófuga completa.
- Debido a la uniformidad de la superficie de un muro bien construido con bloques de hormigón, el revoque grueso no es necesario, pudiendo aplicarse sólo el revoque fino directamente sobre un azotado hidrófugo. En este caso el ingreso de humedad es también absolutamente nulo.

5.7 Acabados superficiales

a) Recubrimiento acrílico

Se utiliza para sellar la superficie a revestir y mejorar la impermeabilidad del sistema total, contribuye a homogeneizar la absorción y el color del sustrato, disminuyendo el consumo final del revestimiento.



b) Revestimiento plástico para terminación en capa fina

De finalidad decorativa. Fabricado a partir de acrílicos, aditivos y cargas minerales especiales. Son flexibles e impermeables al agua de lluvia.

c) Mortero predosificado 2 en 1 para aplicación interior (morteros predosificados)

Mortero 2 en 1 (revoque grueso y fino) para la realización de revoques interiores aplicados con máquina proyectable o manual. Especialmente utilizados cuando se requieren mayores productividades.

d) Mortero predosificado 3 en 1 para aplicación exterior (mortero predosificado)

Mortero 3 en 1 (revoque grueso, fino e hidrófugo), para la realización de revoques exteriores aplicados con maquina proyectable o manual.

e) Mortero predosificado 4 en 1 para aplicación exterior (mortero predosificado)

Mortero 4 en 1 (revoque grueso, fino, hidrófugo y terminación final), que proporciona una terminación estética definitiva, incluyendo apariencia texturada, rústica u otra, para muros fachadas interiores y exteriores, con aplicación manual o proyectada.

f) Revestimiento Anti grafiti

Producto desarrollado a base de siloxanos, que crea una superficie no adherente en la primera capa de pintura, que repele el grafiti. La limpieza se realiza con un flujo de agua a presión. Es resistente a las inclemencias del tiempo.

g) Superficie Shot-Blast

Acabado símil piedra, logrado a partir de un desgaste superficial que retira parcialmente la pasta de cemento de la cara vista de **BH**, exponiendo las partículas de agregado con notoriedad.

h) Superficie pulida

Se realiza un escarificado superficial del bloque con una pulidora manual, logrando un acabado mate mediante la exposición de agregados. Brinda cualidades adicionales para la reducción de la propagación del ruido ambiental.

i) Uso de bloques splitados símil piedra

Consiste en utilizar como cara terminación a la cara del tabique del **BH**, en cuya fabricación se logra una terminación símil-piedra a través de un procedimiento de splitada. Se puede utilizar tanto en exteriores como en interiores, y para muros portantes y no portantes.

j) Jardines verticales

Los jardines verticales promueven el ahorro energético, generan oxígeno disminuyendo el dióxido de carbono del ambiente y crean espacios verdes agradables.

El tipo de plantas que normalmente se utiliza para este tipo de jardines son las plantas aéreas, como los musgos, líquenes, helechos, epifitas, bromelias y orquídeas. Debe impermeabilizarse la pared al inicio del proyecto.

5.8 Patologías

a) Tensiones de origen térmico

Las diferencias de temperatura son determinadas por las condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura, la exposición de la pared y el color. Estas diferencias ocasionan cambios diferenciales de volumen. Si superan la capacidad de deformación por tracción del hormigón, entonces se producen fisuras.

Las tensiones de tracción son proporcionales al diferencial de temperatura que se produce, al coeficiente de expansión térmica, al módulo de elasticidad efectivo y al grado de restricción de los bloques de hormigón.

b) Meteorización

La meteorización puede tener varias causas: congelamiento, deshielo, humedecimiento, secado, calentamiento y enfriamiento.

El congelamiento y su posterior deshielo son los causantes de los daños más habituales del hormigón relacionados con las condiciones meteorológicas.

Otros procesos de meteorización que pueden provocar la fisuración del hormigón son los ciclos de humedecimiento y secado, y calentamiento y enfriamiento. Ambos procesos generan cambios de volumen que pueden provocar fisuración en el muro cuando las tensiones que se generan de la restricción al cambio de volumen superan la capacidad resistente. Si los cambios de volumen son excesivos habrá fisuración.

c) Restricciones al movimiento

Cuando se proveen restricciones externas al movimiento, el resultado es una tensión dentro de la pared y el potencial correspondiente de fisuración.

Típicamente, la mampostería de hormigón se encuentra restringida a lo largo de la parte inferior de la pared con restricciones parciales a lo largo de la parte superior de la misma.

Los bordes de la mampostería de hormigón típica pueden estar parcialmente restringidos por pilastras o intersecciones de paredes, pero esta restricción parcial usualmente no altera significativamente el potencial de fisuración.

Cuando en un sistema se utilizan materiales con distintas propiedades, hay un potencial de fisuración generado por movimientos diferenciales. Estos movimientos diferenciales pueden ocasionar fisuras, especialmente en construcciones compuestas, y en paredes que incorporan mampuestos de distinto tipo y características en el mismo paramento.

Los movimientos térmicos deben ser tenidos en cuenta cuando la mampostería de hormigón se utiliza conjuntamente con acero estructural. Además de poseer diferentes coeficientes térmicos, el acero usualmente tiene una relación superficial de área/volumen más elevada, y tiende a ofrecer una respuesta de mayor magnitud frente a los cambios de temperatura.

d) Asentamiento diferencial

El asentamiento es un caso de movimiento diferencial que sucede habitualmente cuando parte de la fundación baja debido a suelos de fundación débiles o mal compactados. Usualmente esto causa una fisura en forma de escalera a lo largo de las juntas de mortero en la zona asentada.

e) Deflexiones excesivas

Como las paredes y vigas tienen a tener deflexiones bajo cargas estructurales, se pueden generar fisuras.

Además, la deflexión de los miembros de soporte puede generar fisuras en los elementos de mampostería.

f) Ataque de sulfatos

En términos relativamente sencillos, hay dos mecanismos de reacciones químicas involucradas en el ataque de sulfatos en el hormigón.

- Reacción del sulfato con hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento, formando sulfatos de calcio.

- Reacción del sulfato de calcio con el aluminato de calcio hidratado, formando sulfoaluminato de calcio.

Estas dos reacciones dan como resultado un incremento de volumen, generando tensiones de tracción localizadas, que pueden conducir al desarrollo de fisuras poco separadas y el deterioro generalizado luego de periodos prolongados de acción.

La severidad del ataque depende de la concentración de sulfatos, gradientes de humedad, el aumento de la presión y/o temperatura, y presencia y tipo de otros iones presentes junto a los sulfatos.

g) Eflorescencias

La eflorescencia es un depósito cristalino de sales, usualmente de color blanco, que se forma en la superficie del bloque antes de su colocación en el muro, o a lo largo de la vida en servicio de éste, sobre su superficie. La eflorescencia es causada por las aguas que migran a través del hormigón y que, al llegar a la superficie, se evapora de la misma causando depósitos de las sales solubilizadas. Además puede producirse por la reacción del agua en la superficie con el dióxido de carbono o con otros gases atmosféricos.

Las eflorescencias ocasionan la pérdida de uniformidad de color y apariencia del muro, por lo que se consideran indeseables. Cuando su aparición ocurre una vez ejecutado el muro, puede inferirse que hay agua ingresando, por lo que significa que puede haber daños en el interior de la pared. A pesar de ello, las eflorescencias en la mampostería raramente afectan las propiedades mecánicas o la durabilidad del hormigón, por lo que su presencia se reduce fundamentalmente a una cuestión de índole estética y de calidad en la apariencia final.

Para que haya eflorescencia deben presentarse las siguientes condiciones:

- Presencia de sales solubles en la masa del hormigón: usualmente consisten en carbonatos de calcio, sodio y potasio provenientes del cemento. En ocasiones, también pueden consistir en sales provenientes del ambiente.
- Disponibilidad de agua capaz de solubilizar las sales y que actúe como medio de transporte: el agua puede provenir de la fabricación y el curado, de la lluvia o deshielo de nieve, bien de sistemas de irrigación o ingreso por capilaridad.

- Un camino que conduzca a la solución hacia la superficie: interconexiones de vacíos en el bloque de hormigón.

Generalmente, la eflorescencia puede ser eliminada mediante un cepillo de cerdas duras (no de alambre) y agua. Luego, se deben aspirar las superficies para quitar el material removido. Debe utilizarse la menor cantidad de agua posible, ya que si las sales no se eliminan por completo, las mismas pueden contribuir a la reaparición de eflorescencia.

Para el tratamiento de eflorescencias no solubles en agua, se puede tratar la superficie con un flujo de agua a alta presión. También se puede tratar con chorros de arena, pero en ese caso se debe tratar toda la superficie ya que los mismos pueden alterar la textura y el acabado general del muro.

En áreas más afectadas, principalmente en aquéllas en las que se observa formación de carbonato de calcio, se pueden usar soluciones acuosas de ácidos débiles y/o abrasión. El ácido clorhídrico, el ácido acético, el ácido cítrico, el ácido fosfórico y artículos de limpieza con base ácida pueden ser utilizados para este fin, en forma de solución acuosa. El ácido se aplica con un pincel y se lo deja actuar durante 5 minutos, luego se limpia la superficie con agua. La superficie debe ser neutralizada mediante una solución 10 % de amonio o hidróxido de potasio, o dejarla a la intemperie antes de ser pintada.

Para evitar la recurrencia de la eflorescencia, es recomendable tratar los materiales porosos con un sellador hidrofóbico, asegurándose que el sustrato esté seco al momento de la aplicación. Para aplicar el sellador se debe asegurar que la eflorescencia haya sido eliminada previamente. Este sellador repele el agua y penetra profundamente al material de manera tal de mantener al agua y a las sales disueltas alejadas de la superficie. En climas donde puede haber acción de congelamiento, debe tenerse en cuenta que el sellador puede ocasionar daños por los ciclos de congelamiento/deshielo.

Preguntas Frecuentes

#6

6. Preguntas frecuentes

6.1 ¿Qué es un BH?

Los **BH** son elementos premoldeados de hormigón compuesto por cemento, arenas gruesas y finas, grancilla y agua en proporciones determinadas, en cuya fabricación se alcanzan altas prestaciones de producto a través de una acción de vibrado y compresión producidas por un equipo de alta potencia.

6.2 ¿Son todos los BH iguales?

No, porque según sea la forma y los equipos con que se fabriquen se obtienen dos tipos de bloques totalmente diferentes:

a) "Bloques de patio"

Fabricados con equipos manuales rudimentarios, comúnmente denominados "ponedoras". Estos productos no cumplen con las normas de calidad vigentes y carecen de las virtudes inherentes a un buen **BH**.



b) "Bloques de calidad"

Fabricados con equipos industriales de última generación, cuyos productos aseguran el cumplimiento de la Norma IRAM 11561 "Bloques de hormigón", y permiten una calidad y resistencia uniformes.

6.3 ¿Cómo se distingue la calidad de un BH?

Los "bloques de patio" presentan una superficie porosa muy abierta, con aristas y esquinas saltadas y mal definidas, y son generalmente fabricados con un solo tipo de arena, sin grancilla. Es por ello que en algunas regiones se los denomina "bloques de arena-cemento".

Como consecuencia de ello, son frágiles, muy absorbentes, carentes de resistencia suficiente. En virtud a estas deficiencias, su uso sólo es factible en tapias y construcciones muy precarias no habitables.

Por el contrario, los "bloques de calidad" se distinguen de inmediato por su aspecto general de excelente terminación, con aristas y esquinas bien definidas, rectas y paralelas, estructura cerrada, y puede apreciarse la existencia de grancilla en su composición.

Están correctamente escuadrados, tienen medidas bien definidas y uniformes, y un mayor peso unitario, lo que conduce a una alta resistencia y prestación en su aplicación en obra.

Los especialistas de la construcción los distinguen dejando caer los bloques desde una altura de dos metros y observan las consecuencias. Mientras un "bloque de patio" se destruye o fisura masivamente, el "bloque de calidad" pasa la prueba sin daño alguno.

6.4 ¿Es el BH de calidad similar al bloque hueco cerámico?

Absolutamente no. El **BH** de calidad se diferencia del bloque hueco cerámico fundamentalmente en los materiales que los constituyen, y por lo tanto son totalmente distintos desde su origen.

Por ejemplo, el hormigón y la arcilla cocida tienen comportamientos muy distintos en lo que se refiere a la absorción de agua. De allí que para adherir elementos de cerámica (ladrillos comunes o bloques huecos) sea necesario saturarlos totalmente en agua previo a su colocación en la pared, mientras que esta práctica está totalmente contraindicada en el **BH**, ya que esto potencia la aparición de fisuras en las juntas y en los bloques propiamente dichos. Esto se debe a que el bloque se "hincha" cuando se moja y se "deshincha" cuando se seca, generando movimientos en su estructura y entre los elementos vecinos.

La otra gran diferencia es que, mientras que el **BH** es totalmente compatible con el hormigón de relleno de sus huecos, no sucede lo mismo con el bloque hueco cerámico. Esto implica que la mampostería de **BH** colada con grout sea homogénea, y se pueda considerar a todo el ancho de la pared como coadyuvante para resistir las cargas, en tanto que, en el caso de la mampostería de bloques huecos cerámicos, no es posible hacer lo mismo, puesto que no hay compatibilidad en las deformaciones entra la

cerámica y el grout. El coeficiente de dilatación térmica del hormigón es 2 veces superior al del cerámico: en el caso de la mampostería cerámica se estima en 5×10^{-6} m/m°C, mientras que en el caso del hormigón es aproximadamente 10×10^{-6} m/m°C.

6.5 ¿Es posible obtener un BH de calidad sin el equipamiento adecuado?

No, porque sin una adecuada potencia de vibrado y compresión es imposible lograr un **BH** con suficiente densidad, peso y resistencia.

Además, los equipos que moldean los bloques sobre una pista no evitan que las condiciones climáticas incidan sobre la calidad final del producto.

Equipo moldeador manual



Pista de curado al aire libre para BH

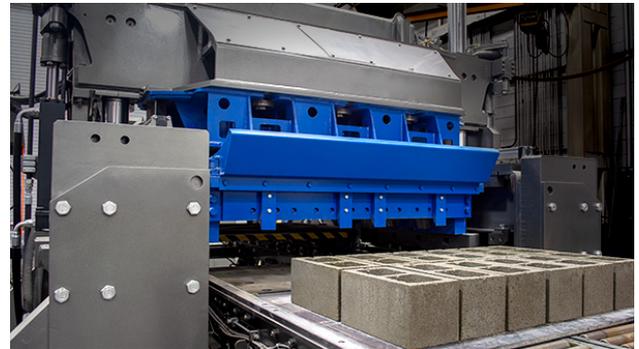
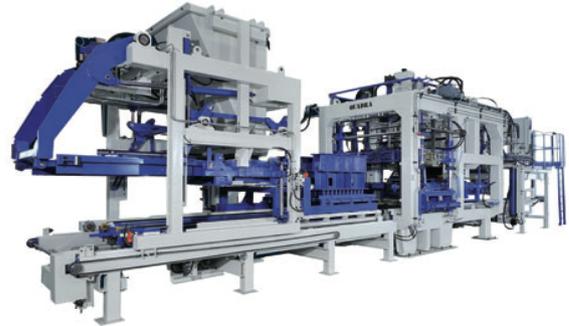


6.6 ¿Cuál es entonces el equipamiento recomendado?

Para obtener un **BH** de calidad es necesario, además de utilizar una mezcla bien proporcionada de sus componentes (cemento, arena, grancilla y agua), contar con un equipo que provea una intensa vibración y una potente compresión final a la mezcla utilizada en la fabricación del **BH**.

Asimismo, es imprescindible que la planta productora cuente con cuartos y sistemas de curado adecuados para asegurar un total control del ambiente de curado, que permita la correcta hidratación del cemento durante las primeras 12 horas posteriores al moldeo de los **BH**, que son críticas para lograr la resistencia final del producto terminado.

Equipo moldeador industrial



6.7 ¿Cuántos tipos de BH disponibles hay actualmente en el mercado?

Debido a que la mampostería de hormigón compone un sistema constructivo, existen varios tipos de **BH** que satisfacen todas las exigencias requeridas por el mismo.

Además, debido a la versatilidad de su fabricación, no hay límites en cuanto a la forma y tamaño de las unidades, ya que sólo dependen de la capacidad del equipo y del molde instalado en el mismo.

El **BH** básico, también llamado "equivalente", es el comúnmente denominado como 20 x 20 x 40, siendo éstas sus medidas nominales expresadas en centímetros, con dos huecos verticales pasantes.

Sus extremos pueden ser lisos o con salientes que "guían" a la colocación de la mezcla de mortero en la junta vertical.

Los **BH** se dividen, también, en "portantes" y "no portantes" según sea su resistencia a la compresión, y también por su color o terminación (lisos, símil piedra, etc.).

6.8 ¿Cómo se especifican los BH?

Lo primero que hay que definir es su tamaño, el que se define por sus medidas nominales, especificándose primero el ancho, luego la altura y finalmente el largo.

Así, un bloque de 20 x 20 x 40 nominales tiene en realidad un ancho de 19 cm, un alto de 19 cm y un largo de 39 cm. El centímetro faltante se consigue en la pared con el ancho de la junta horizontal y vertical que mide precisamente un centímetro, completándose de esa forma una medida definitiva que será múltiplo de 20 cm.

En el Capítulo 2 punto 2.1.2 "Tipos y modelos disponibles", se indica el resto de los **BH** comercializados en Argentina.

Otro punto a destacar al momento de adquirir **BH** es conocer certeramente su fecha de fabricación, ya que es muy importante que hayan transcurrido al menos 14 días, para que los mismos pierdan la mayor parte de la humedad de amasado.

Si se colocan bloques "verdes" (inadecuadamente curados y/o estacionados), seguramente la pared se fisurará, ya que los **BH** estarán sujetos, todavía, a las contracciones del hormigón a edad temprana aún dentro del muro.

6.9 ¿Qué implica que exista una norma IRAM referida a los BH, y un reglamento nacional CIRSOC para construcciones de mampostería?

La existencia de una norma IRAM específica para los **BH** (IRAM 11561) asegura condiciones normalizadas uniformes en el país respecto a los requisitos mínimos de calidad a ser cumplidos por los mampuestos de hormigón de cualquier origen. Asimismo, es importante tener presente que el sistema constructivo con mampostería de hormigón es considerado un sistema "tradicional" y requiere Certificado de Aptitud Técnica (CAT) visto que cumple las 4 premisas esenciales:

1. Sistema abierto, con más de 110 plantas industriales en Argentina con capacidad de producir más de 17 millones de **BH** equivalentes.
2. Avalado por reglamentos nacionales (CIRSOC 501 / CIRSOC 103-3) y normas técnicas (IRAM 11561 / IRAM 11556)
3. Más de 50 años de experiencia comprobada de uso y desempeño óptimo en el país.
4. No resulta de uso exclusivo ni requiere el pago de royalties de ningún tipo.

6.10 ¿Cómo se estiban los BH?

Los **BH** se entregan en pallets, por lo que, si es posible, conviene almacenados así en obra, procediendo a desestibarlos completamente, pallet por pallet, para mantener una constante en las tonalidades de una misma partida.

No es conveniente apilar más de dos pallets en altura, debiendo conservar la verticalidad de los mismos en todo momento.

Si la descarga se hace en forma manual, su estibada debe ser realizada en forma de cubo, de forma tal que cada uno de ellos contenga hasta 90 unidades como máximo. Los bloques no deben ser estibados como los ladrillos comunes ya que su peso es muy superior y existe un mayor riesgo de derrumbe de la pila.

Siempre es conveniente tapar las pilas de **BH** con un plástico, ya que las unidades deben utilizarse preferentemente secas para evitar que el proceso de expansión y contracción de los bloques por absorción de agua, una vez adheridos con mortero.

Estiba de BH de calidad



6.11 ¿Existen bloques impermeables?

Los bloques de hormigón no son impermeables, ya que es imposible fabricarlos con esa característica.

Además, si así fuera, no habría adherencia entre uno y otro, ya que la mezcla de asiento se desprendería completamente. Tampoco se lograría la adherencia entre el microhormigón de relleno y los bloques.

Sí es posible fabricar BH resistentes a la penetración del agua de lluvia, cuando se utiliza un aditivo hidrófugo especial al momento de preparar el hormigón para su fabricación. Sin embargo, una pared sometida a lluvia con viento, sin ningún tipo de tratamiento superficial (revoque o pintura), seguramente sufrirá un importante ingreso de humedad y agua por las juntas verticales y horizontales. Por lo tanto, siempre es conveniente pintar o revocar la pared construida con BH, aunque si se usan bloques tratados previamente con aditivos, la pared demandará menor cantidad de pintura.

6.12 ¿Cómo se protege de la lluvia a una pared de bloques?

Si la pared quedara a la vista y los bloques han sido colocados correctamente por una mano de obra especializada, entonces habrá que pintarla con siliconas de base solvente o con una pintura que forme una película.

Si se pretende ocultar los **BH**, y al mismo tiempo aislar la pared de la lluvia, entonces es recomendable utilizar un revoque tradicional o un revoque plástico; en ambos casos sin aplicar revoque grueso ya que éste es innecesario. (Ver Capítulo 2).

6.13 ¿Por qué, a veces, se marcan los bloques en el interior de la pared?

Cuando, por error, el albañil coloca mortero en los tabiques transversales del **BH**, o cuando no se protege adecuadamente de la lluvia el paramento exterior, las juntas de mortero horizontales y verticales pueden actuar como "mecha", conduciendo la humedad hacia el interior de la pared. Esto tiene como consecuencia que se "marquen" los bloques a través del revoque o bolseado interior. Entonces, para evitarlo, es necesario colocar bien el mortero y aislar de la lluvia la superficie de la pared exterior, tal como se indica en este Manual.

6.14 ¿Es necesario hacer algún tipo de ensayo de laboratorio antes de comenzar a colocar los bloques?

Sí. Siempre es conveniente ensayar a la compresión muestras de los **BH** a utilizar, y verificar que sus medidas en los tres sentidos (ancho, alto y largo) no excedan la tolerancia de $\pm 3,5$ mm en sus medidas de fabricación (19 x 19 x 39). Si esta tolerancia es superada, el albañil que los coloque tendrá muchos problemas para mantener el módulo de 20 cm, e inclusive en algunos casos no podrá lograrlo, debiendo entonces cortar bloques en obra, lo que no debe ser tolerado.

También es conveniente, si no se conoce con seguridad la fecha de fabricación de la partida, hacer un ensayo de contenido de humedad.

Estas verificaciones previas a su utilización no son necesarias si el **BH** cuenta con una certificación de producto extendida por un organismo de tercera parte.

6.15 ¿Por qué siempre que se proyecta con BH es necesario asegurar una coordinación modular?

Porque, al tratarse de un sistema constructivo específico, la coordinación modular obliga a proyectar las paredes de forma tal que se puedan levantar completamente con unidades modulares enteras, sin necesidad de cortar los **BH** en obra. (Ver Capítulo 4)

6.16 ¿Por qué es necesario controlar la fisuración de las paredes?

La fisuración en la mampostería de hormigón se debe exclusivamente a tensiones de tracción asociadas a cambios de temperatura y humedad (expansión y contracción), y/o a eventuales asentamientos diferenciales de la fundación o de los cimientos.

Existen dos formas de controlar esta fisuración:

1. Reforzando el muro con armaduras secundarias colocadas en las juntas horizontales de mortero.
2. Mediante la construcción de juntas de control (JC) para permitir el movimiento longitudinal de la pared, similares a las juntas que se ven comúnmente en los pavimentos de hormigón. (Ver Capítulo 4)

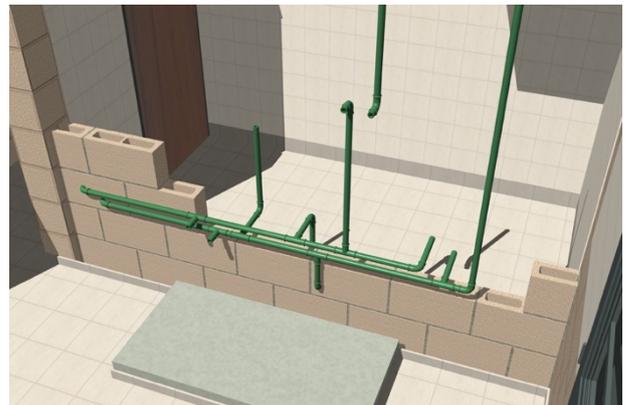
6.17 ¿Por qué algunos muros presentan una fisuración en escalerilla?

Ésta es la fisuración típica de la mampostería de hormigón cuando se han utilizado **BH** que todavía están frescos (de reciente fabricación), y que todavía no han perdido humedad por secado natural.

Esto ocasiona que los bloques se contraigan ya estando vinculados unos con otros a través de las juntas de mortero, lo que genera esfuerzos de tracción que, si el mortero de junta no puede tomar, es el primero en fisurarse siguiendo las juntas verticales, y generando la escalerilla siguiendo un recorrido en forma de una letra zeta. Si el mortero de asiento es suficientemente resistente, entonces la fisura se hace vertical (Ver Capítulo 5).

6.18 ¿Tienen las instalaciones sanitarias y de electricidad el mismo tratamiento que en las paredes de ladrillos comunes y bloques huecos cerámicos?

No. Con respecto a la instalación sanitaria, mientras que en las paredes de ladrillos macizos es posible "canalearlas" luego de levantadas para distribuir las cañerías, en la mampostería de **BH** esto no sería práctico ni racional, debido a que es posible combinar bloques de distinto ancho (espesor) a fin de generar nichos en la pared donde se ubicarán las mismas, sin roturas previas ni posteriores.



Esto se logra utilizando bloques de diferentes anchos (p.e. de 20 y 10 cm), para dejar disponible un espacio de 8 cm aproximadamente donde alojar las cañerías, el que luego se tapa con mortero para aplicar finalmente el revestimiento previsto (cerámicos, azulejos, etc.). Este vano libre de 8 cm se puede repartir a ambos lados de la pared (4 cm a cada lado) para acomodar las cañerías de la cocina y el baño si éstos estuviesen colindantes.

En lo que se refiere a la instalación eléctrica, es posible distribuir la cañería en sentido horizontal por los **BH** con rebaje central, y verticalmente por dentro de los huecos que resultan luego de levantadas las hiladas. Los nichos para la colocación de las cajas de electricidad, como así también cualquier otro corte, se deben hacer prolijamente con disco diamantado.

La instalación de gas se hace por el contrapiso y los ramales verticales se hacen tangentes a la pared o embutidos en el nicho resultante.

6.19 ¿Qué material debe utilizarse para pegar los BH?

Los bloques deben pegarse entre sí con mortero de asiento, tanto en las juntas horizontales como en las verticales. Este mortero debe ser muy plástico para que no se desprenda de las juntas, sobre todo de las verticales.

Además de servir para pegar los **BH**, el espesor de la mezcla se usa para absorber los ajustes antes de que comience a endurecer, y también para ir corrigiendo pequeñas diferencias en la modulación. El mortero de asiento más adecuado para cada caso depende fundamentalmente de la calidad del **BH** utilizado: cuanto más resistente sea el bloque, más resistente debe ser el mortero. La regla general dice que la mezcla debe resistir a una compresión centrada o axial igual a 1,33 veces más que el bloque.

Debe tenerse cuidado en no utilizar morteros a la cal cuando éste deba revestir las armaduras de junta horizontal.

La norma IRAM 1676 especifica los morteros a utilizar según la función o destino del muro. (Ver Capítulo 2)

6.20 ¿Es posible reemplazar la estructura tradicional de vigas y columnas con muros de BH portantes reforzados?

Sí, ya que los muros reforzados con armadura distribuida tienen una gran capacidad resistente para todo tipo de carga (vertical y horizontal).

Esta alternativa consiste en colocar barras verticales y horizontales en los huecos verticales que quedan luego de levantar la pared, y colar posteriormente un micro-hormigón que recubra todas las barras.

De esta forma se obtiene una pared similar a un tabique de hormigón armado y se elimina la necesidad de utilizar las vigas y columnas de encadenado tradicionales, con la consiguiente economía de materiales y mano de obra.

Esta economía se debe a que un único elemento (el **BH**) cumple con tres funciones simultáneas: cierre de los ambientes, estructura y terminación o textura. (Ver Capítulo 3)

6.21 ¿Es verdad que una pared de bloques es más fría en invierno y más caliente en verano en comparación con otra de ladrillos comunes?

Ambas son mamposterías pesadas y para poder mejorar su resistencia al paso del calor del ambiente interior al exterior, y viceversa, y bajar el riesgo de que se produzca condensación higrotérmica, es necesario diseñar el muro con capas de materiales aislantes en su cara interior y/o exterior. De ser así, se obtendrán entonces valores de transmitancia térmica K, menores que los máximos permitidos por la norma IRAM 11605. Por lo tanto, para poder comparar los distintos tipos de mamposterías pesadas, es necesario conocer previamente cuál es la alternativa propuesta si no se aplica ninguna solución ambas no cumplirán con los valores de K mencionados. (Ver Capítulo 5)

6.22 ¿Cuáles son las recomendaciones más comunes para los usuarios de BH?

En resumen, pueden puntualizarse los siguientes puntos básicos clave en la utilización de los **BH**:

1. Los **BH** deben acopiarse sobreelevados con respecto al terreno natural, conservando la humedad y la temperatura ambiente al momento de la colocación.
2. Utilizar siempre las herramientas específicamente diseñadas para la colocación de **BH**. (Ver Capítulo 4)
3. Se aconseja verificar la correcta nivelación de la fundación (no se precisa ningún tipo de cimentación fuera de la tradicional sobre la cual se levantará la mampostería), como así también la limpieza de la misma para facilitar la adherencia del mortero de unión. Además, es conveniente que la primera hilada se presente sobre la fundación sin mortero para asegurar la modulación de muros y carpintería. Recordar que desde el momento de su concepción, en la obra se debe respetar el modulo nominal de 20 cm.
4. Es conveniente colocar una regla de referencia vertical en las esquinas, por medio de la cual se facilitará la nivelación horizontal del calandro o hilo ya que se marcará cada 20 cm.

#6| Preguntas frecuentes

5. A medida que se vayan colocando los bloques debe verificarse minuciosamente la nivelación, el plomo y la modulación con herramientas apropiadas, especialmente al construir la primera hilada, ya que ésta es la guía base para el resto de las hiladas.
6. De ser necesario, los **BH** pueden cortarse con corta-muros de mano, sierras con discos diamantados o con cincel.
7. Seleccionar los **BH** a colocar en forma alternada entre un pallet y otro para atenuar las eventuales diferencias de tonalidad entre las distintas partidas, sobre todo si la mampostería quedará a la vista.
8. Los bloques **NO** deben humedecerse previo a su colocación, salvo levemente en caso de temperatura extrema (zonas áridas con alta temperatura y/o muy baja humedad relativa ambiente).
9. Se debe poner especial cuidado en la calidad, dosificación, mezclado, humectación y ejecución del mortero de junta, ya que su calidad incide en la durabilidad de la mampostería.
10. Los morteros y hormigones apropiados son recomendados por la norma IRAM 11556 "Mampostería de Bloques de Hormigón", y la adopción de uno u otro dependerá de los requerimientos que exija la mampostería.
11. El mortero debe colocarse en los tabiques longitudinales de los bloques (se evita así el puente hidráulico y se economiza material), y en la junta vertical previamente a su colocación en la hilada. De esta manera se obtiene una buena adherencia y se genera una junta cerrada.
12. Una junta vertical vacía o deficiente influye mucho en la resistencia del muro y favorece la penetración del agua de lluvia, si el paramento exterior no es revocado o debidamente pintado.

TERMINOLOGÍA; DEFINICIONES

1. Mamposterías:

Mampostería:

Conjunto trabado de piezas asentadas con mortero.

Mampostería armada:

Mampostería en la que se colocan barras o mallas, generalmente de acero, embebidas en mortero u hormigón, de modo que todos los materiales trabajan en conjunto.

Mampostería pretensada:

Mampostería en la que se han generado intencionalmente tensiones de compresión mediante tesado de tendones.

Mampostería confinada o encadenada:

Mampostería construida rígidamente rodeada en sus cuatro lados por pilares y vigas de hormigón armado o de mampostería armada (no proyectada para que trabajen como pórticos resistentes a flexión).

Aparejo (patrón de colocación) de la mampostería:

Disposición de los **BH** que se manifiesta por el patrón o "dibujo" que siguen sus caras.

Traba de la mampostería:

Disposición de los **BH** de manera que las juntas verticales en hiladas sucesivas estén desplazadas horizontalmente al menos un cuarto de la longitud del **BH** o bien disponiendo armaduras horizontales cuando se trate de una mampostería a junta no trabada (continua verticalmente).

Sistema constructivo de albañilería Integral:

Consiste en un conjunto de elementos (muros, paredes, forjados, pilares, vigas, etc.), constituido por un determinado número de compuestos (pañes ciegos, pañes huecos, dinteles, esquinas, etc.), obtenidos combinando distintos componentes (bloques, ladrillos, mortero, armaduras de vinculación, anclajes, pilares de refuerzo, fijaciones, aislamientos, impermeabilizantes, cámaras ventiladas etc.) los que, relacionados adecuadamente entre sí (aparejo, traba, juntas, libertades de movimiento, ventilación etc.), contribuyen a un determinado objetivo (resistencia, estabilidad, control de fisuración, control higrotérmico, durabilidad, etc.).

2. Resistencias de la mampostería:

Resistencia característica de la mampostería:

Es el valor de la resistencia a compresión correspondiente al fráctil 5% de todas las mediciones efectuadas en la mampostería.

Resistencia a compresión de la mampostería:

Resistencia a compresión sin tener en cuenta los efectos de torsión, etc., inducidos en los apoyos, la esbeltez o la excentricidad de las cargas.

Resistencia al corte de la mampostería:

Resistencia de la mampostería sometida a esfuerzo cortante.

Resistencia a flexión de la mampostería:

Resistencia de la mampostería a flexión pura.

Resistencia del anclaje por adherencia:

Es la resistencia de la adherencia por unidad de superficie entre la armadura y el hormigón o el mortero, cuando la armadura está sometida a esfuerzo de tracción o compresión.

Resistencia básica a la compresión de la mampostería:

Es aquella que se mide con relación al área bruta y constituye un índice de la resistencia de la mampostería a la compresión, la que es utilizada para su diseño y control.

3. Descripción del BH y de su geometría:

Bloque estándar:

Componente normalizado, conformado para utilizarse en la construcción de mamposterías.

Rebaje central:

Rehundido de los tabiques transversales de un **BH**, conformado durante la fabricación del mismo.

Hueco:

Vacío vertical conformado en un **BH**, que lo atraviesa completamente.

Tabique:

Material entre los huecos de una pieza.

Pared:

Material perimetral que conforma las caras exteriores de un **BH**.

Sección bruta:

Es la menor área de un **BH** susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento, sin deducir las cavidades que el mismo pudiera contener.

Sección neta:

Es la menor área de un **BH** susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento al deducir, de la sección bruta, la superficie correspondiente a las cavidades que el mismo pudiera contener.

Ancho o espesor:

Es la dimensión transversal de un **BH**, normalmente dispuesta en la dirección perpendicular al paramento del muro.

Alto:

Es la dimensión vertical de un **BH**, normalmente dispuesta en la dirección vertical del muro.

Cara de asiento:

Es la cara de un **BH** que se dispone sobre la del **BH** inmediato inferior y sobre la que se apoyará el inmediato superior.

Cara vista:

Es la cara de un **BH** que se ofrece al exterior del muro sin ningún otro tratamiento superficial de acabado que el propio de su fabricación.

4. Morteros:

Mortero:

Mezcla de cemento, árido fino y agua, más, si se prescriben, adiciones, aditivos y/o pigmentos

Mortero estándar:

Mortero para juntas de espesor de 10 mm, en cuya elaboración se utilizan sólo áridos ordinarios.

Mortero por resistencia:

Mortero elaborado de modo que en los ensayos cumpla las propiedades establecidas.

Mortero seco:

Componentes secos del mortero, con la dosificación y condiciones exigidas, mezclados en fábrica y que luego se amasan en obra, con el agregado de agua.

Mortero de obra:

Mortero cuyos componentes se dosifican y se amasan en obra.

Resistencia a compresión del mortero:

Resistencia media a la compresión de un número especificado de probetas de mortero, ensayadas después de 28 días de curado.

5. Hormigón de relleno, micro-hormigón o grout:

Hormigón con la consistencia y el tamaño de áridos, adecuados para rellenar los huecos resultantes en la pared, luego de asentados los **BH**.

6. Armaduras

Acero para armar:

Barras de acero para armaduras, de uso en la mampostería, que se distribuyen en sentido vertical y horizontal.

Armadura en escalerilla:

Armadura de acero prefabricada, con forma de escalera, para ser colocada en las juntas horizontales de la mampostería, embebida en el mortero de asiento.

7. Componentes auxiliares

Anclaje:

Dispositivo mecánico de metal que enlaza los muros de cerramiento con la estructura de hormigón armado o acero, capaz de recibir, soportar y transmitir, cargas horizontales y/o verticales, entre los que pueden mencionarse.

Anclaje deslizante:

El que evita transmitir esfuerzos en un sentido prefijado.

Anclaje de apoyo:

El que recibe solamente cargas verticales de compresión.

Anclaje de retención:

El que recibe solamente cargas horizontales.

Anclaje de cuelgue:

El que recibe solamente cargas verticales de tracción.

Anclaje ajustable:

El que permite acomodarse a las tolerancias de la obra.

Aislamiento hidrófugo:

Lámina aislante, planchas, material proyectado o material aplicado (pinturas), que incrementan las cualidades aislantes del conjunto del muro.

Lagrimero:

Conducto o dispositivo que conecta el exterior con la cámara de aire para su ventilación y desagüe.

8. Juntas

Junta de control de movimientos:

Junta que permite el libre movimiento de dos paños de muro adyacentes. También se la conoce como junta de control.

Rehundido de la junta:

Proceso de acabado de la junta de mortero durante la construcción. El rehundido persigue la finalidad de aumentar la densidad y mejorar la adherencia del mortero con el BH.

Junta de dilatación:

Es aquella junta que, en su espesor, sólo se ha contemplado la influencia de las variaciones térmicas de los materiales. Deberá disponer del relleno y sellado adecuado. Entre éstas pueden distinguirse:

Junta de dilatación estructural del edificio:

Son las referidas al conjunto de la obra.

Junta de construcción:

Son las obtenidas en las sucesivas e inevitables fases de construcción, que no han de quedar vistas, ni han de variar la condición resistente de la pared. Deberán organizarse con encastres de piezas especiales, o bien con llaves, anclajes o armaduras en espera.

9. Tipos de muros

Muro de carga:

Muro proyectado para soportar otras cargas además de su propio peso.

Muro de una hoja:

Muro sin cámara intermedia, porque es construido con una única pared y cuyo ancho corresponde al ancho del BH empleado.

Muro de doble hoja:

Muro compuesto por dos muros paralelos de una hoja, eficazmente enlazados entre sí por llaves o armaduras de vinculación, con una o ambas hojas soportando cargas verticales.

La cámara entre las hojas puede rellenarse, total o parcialmente, con algún aislante térmico no resistente.

Muro de revestimiento:

Muro que reviste exteriormente, sin traba, a otro muro o a un entramado y no contribuye a su resistencia.

Muro de corte:

Muro que soporta acciones horizontales en su plano.

Muro arriostrante:

Muro transverso, perpendicular a otro muro, para arriostrarlo contra acciones laterales o de pandeo, para estabilización del edificio.

Muro sin carga:

Muro no resistente cuya eliminación no perjudica la integridad del resto de la estructura.

Muro de cerramiento:

Es aquel muro que separa el espacio interior del exterior de un edificio y por tanto, añade a las exigencias estructurales y de habitabilidad que le correspondan (tales como: control de humedad, control de temperatura, control del sonido, resistencia al fuego, etc.)

En el caso de tratarse de envolventes de estructuras porticadas logrará, además, compatibilizar las deformaciones de la estructura y de la fachada, sin manifestar fisuras ni daños.

Muro reforzado verticalmente:

Es cualquier muro armado con barras dispuestas verticalmente, a distancias regulares, para soportar flexiones en el plano vertical del paramento.

BIBLIOGRAFIA: PUBLICACIONES, NORMAS Y REGLAMENTOS

Manual Técnico AABH de la Mampostería de Bloques de Hormigón.

Ing. Civil M. Timoteo Gordillo. Edición 2007

Albañilerías Armadas de Bloques Diseño y Construcción. Instituto Chileno del Cemento y Hormigón.

Architectural & Engineering Concrete Masonry Details for Building Construction. National Concrete Masonry Association.

A set of Classnotes for a Course in Masonry Structures. Daniel P. Abrams

Building Block Walls. A basic Guide. National Concrete Masonry Association.

Concrete Masonry TEKS. National Concrete Masonry Association. EEUU.

Concrete Masonry Handbook for Architects, Engineers, Builders. Portland Cement Association.

Condensación de Humedad en Viviendas. I. Lotersztain

Diseño y Construcción de Estructuras de Bloques de Concreto. Instituto Mexicano de Cemento y el Concreto.

Inspection of Concrete Masonry Construction. National Concrete Masonry Association

Permeabilidad en muros de bloques de hormigón. Informe Ensayos de Laboratorio ASTM E 514. Convenio AABH-DEC Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Córdoba.

Manual Técnico de Alvenaria. ABCI Associação Brasileira da Construção Industrializada. Patología. Ercio Thomaz.

Thermal Catalog of Concrete Masonry Assemblies. Second Edition. National Concrete Masonry Association.

Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. Instituto Colombiano de Productores de Cemento.

IMI (international masonry institute)

INTI-CIRSOC / IRAM

Manuales de producto. Acindar. Aceros para la industria, el agro y la construcción.

Reinforced Concrete Masonry Construction. Inspector's Handbook. Masonry Institute of America.

Normas y Reglamentos

IRAM 11556 Mampostería de bloques de hormigón. Requisitos

IRAM 11561-1 Bloques de hormigón. Definiciones

IRAM 11561-2 Bloques no portantes de hormigón. Requisitos.

IRAM 11561-3 Bloques portantes de hormigón. Requisitos

IRAM 11561-4 Bloques de hormigón. Métodos de ensayo

IRAM 11561-5 Bloques de hormigón. Muestreo

IRAM 11583 Bloques de hormigón. Recomendaciones para su ejecución

IRAM 1676 Morteros para mampostería. Clasificación y requisitos.

IRAM 1712 Hormigones y Morteros de Relleno para Mampostería. Muestreo y métodos de ensayo.

CIRSOC 501. Proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería.

CIRSOC 501. Proyecto de Reglamento Simplificado de Construcciones de Mampostería de Bajo Compromiso Estructural.

Building Code Requirements for Masonry Structures (ACI 530-88/ASCE 5-88) and Specifications for Masonry Structures (ACI 530.1-88/ASCE 6-88).

Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes Parte III. Construcciones de Mampostería.

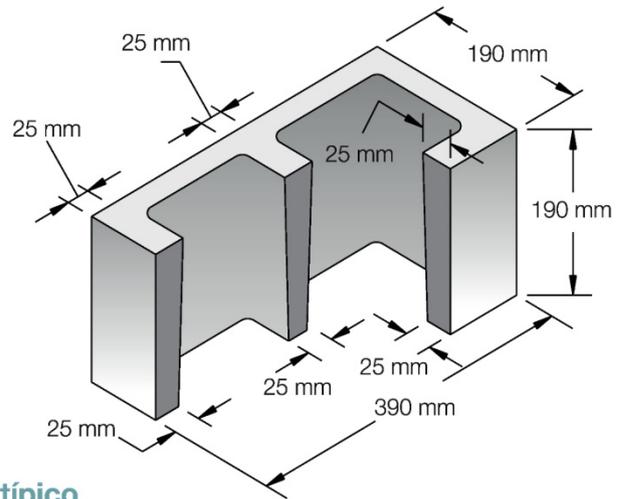
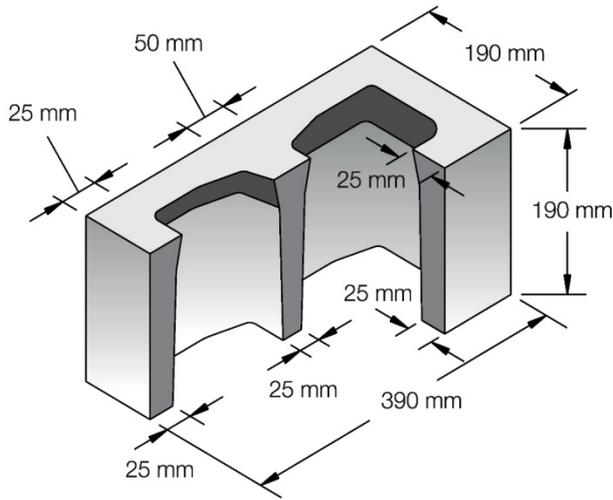
DETALLES CONSTRUCTIVOS

The background of the entire page is a teal-tinted architectural drawing. It features various technical details, including a circular scale with degree markings, a hand holding a pencil, and various geometric shapes and lines representing construction details. The overall aesthetic is professional and technical.

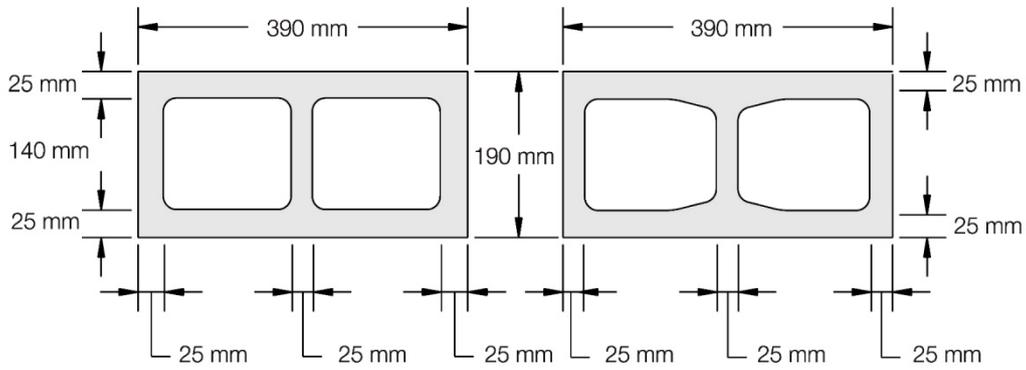
ANEXO

01

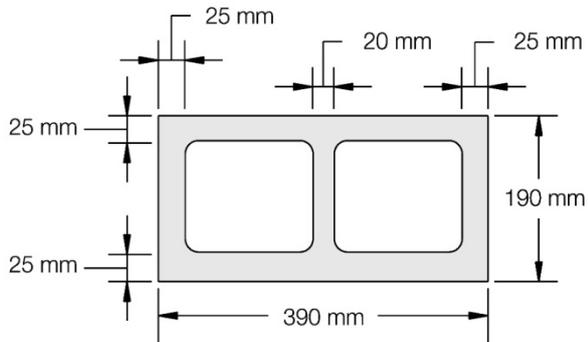
Detalles BH estandar



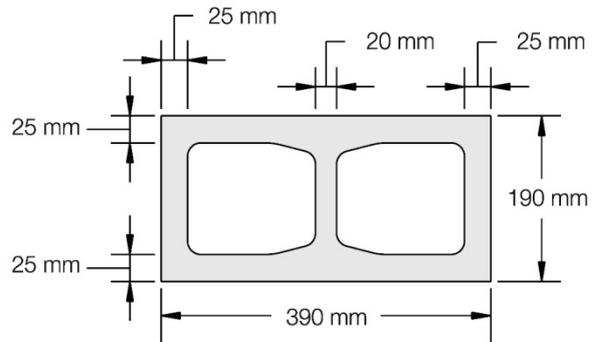
Corte típico



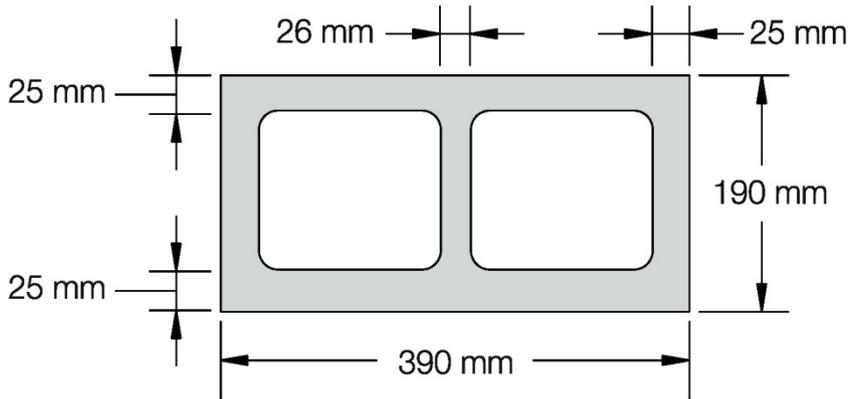
Configuración de los huecos (espesores mínimos)



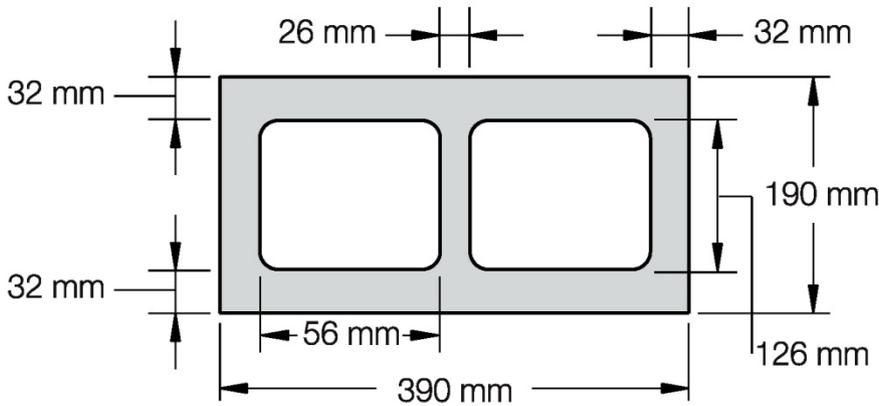
Huecos cuadrados



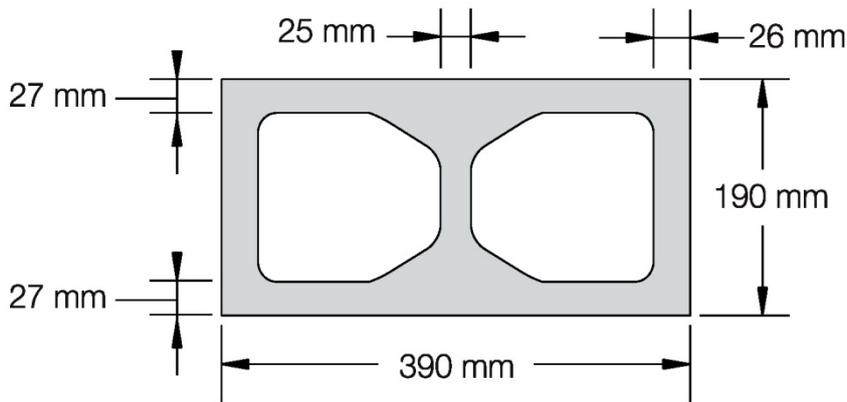
Huecos reforzados



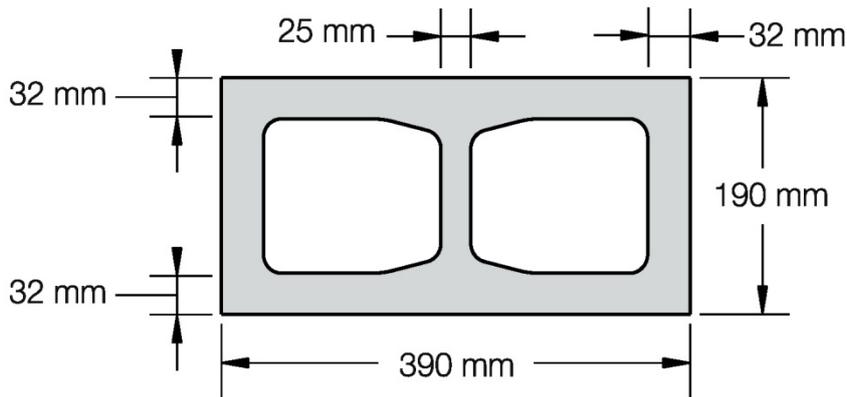
Bloque Normal
 Area 305.73 cm²
 Volumen 5809 cm³
 Peso: 14 Kg



Bloque Estandar Métrico
 Area 350.35 cm²
 Volumen 6657 cm³
 Peso: 16 Kg

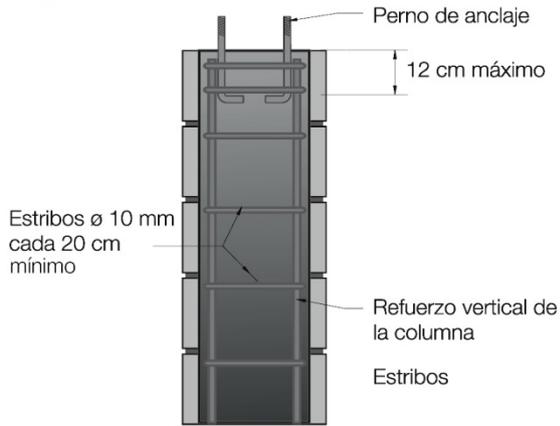


Bloque Estandar Métrico
 de Centro Reforzado
 Area 357.06 cm²
 Volumen 6784.1 cm³
 Peso: 16.5 Kg

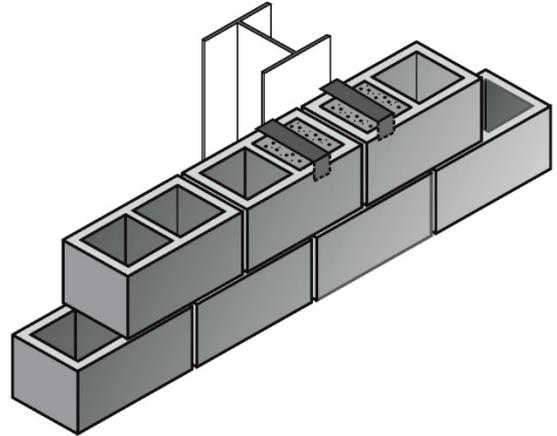


Bloque Estandar Imperial
 de Centro Reforzado
 Area 387.22 cm²
 Volumen 7499 cm³
 Peso: 18 Kg

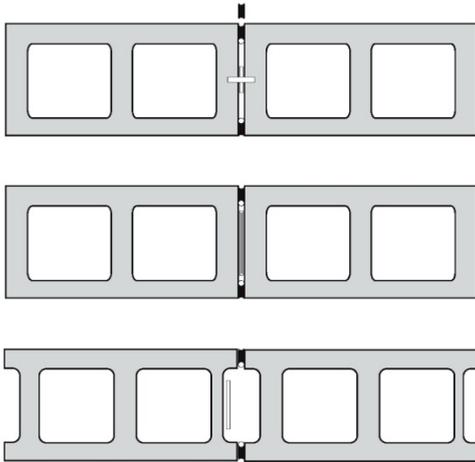
Pernos de anclaje techo liviano encadenado superior



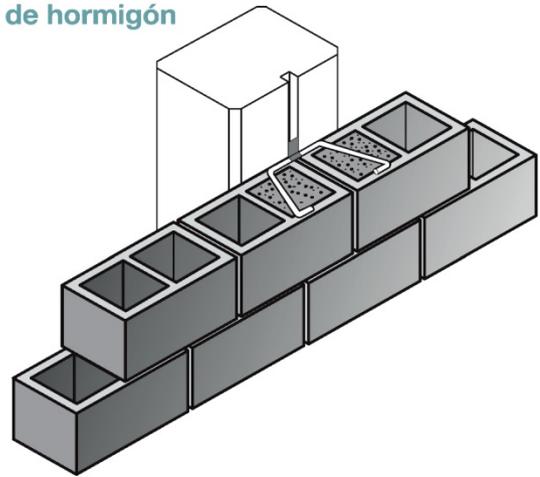
Vinculacion contigua con columna perfil de perfil doble T



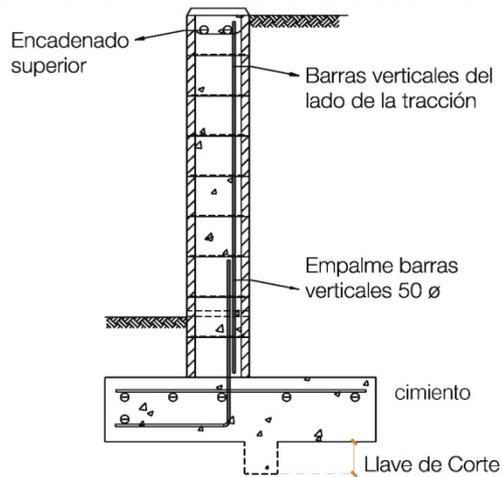
Diferentes tipos de juntas de control



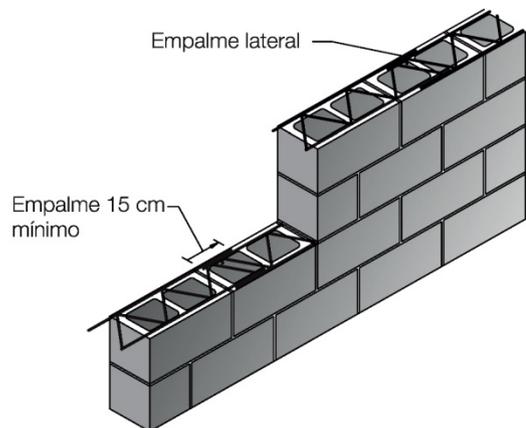
Vinculacion contigua con columna de hormigón



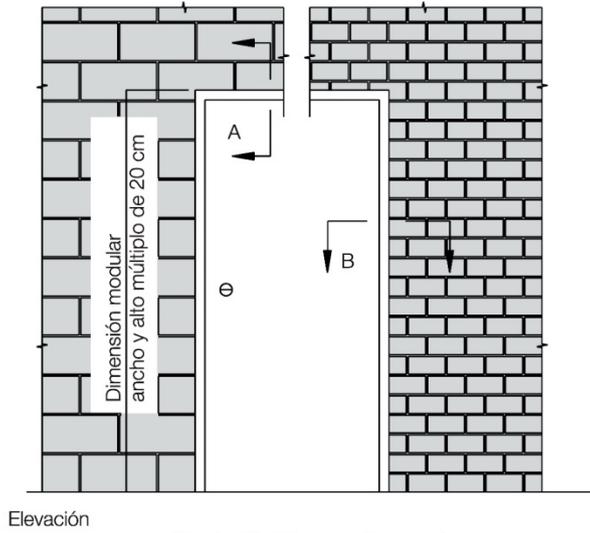
Corte vertical muro de sostenimiento de suelos



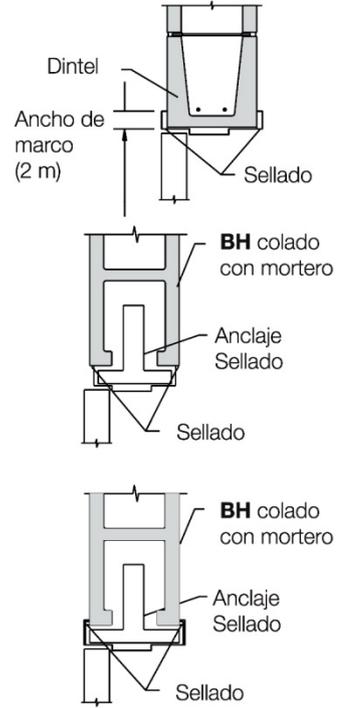
Armadura horizontal de junta



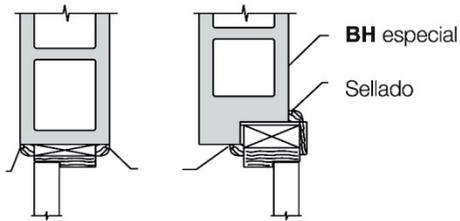
Detalle vinculación marco puerta



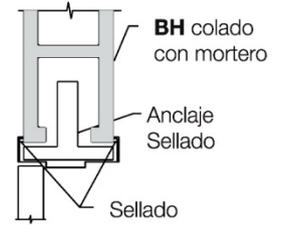
Corte A marco metálico



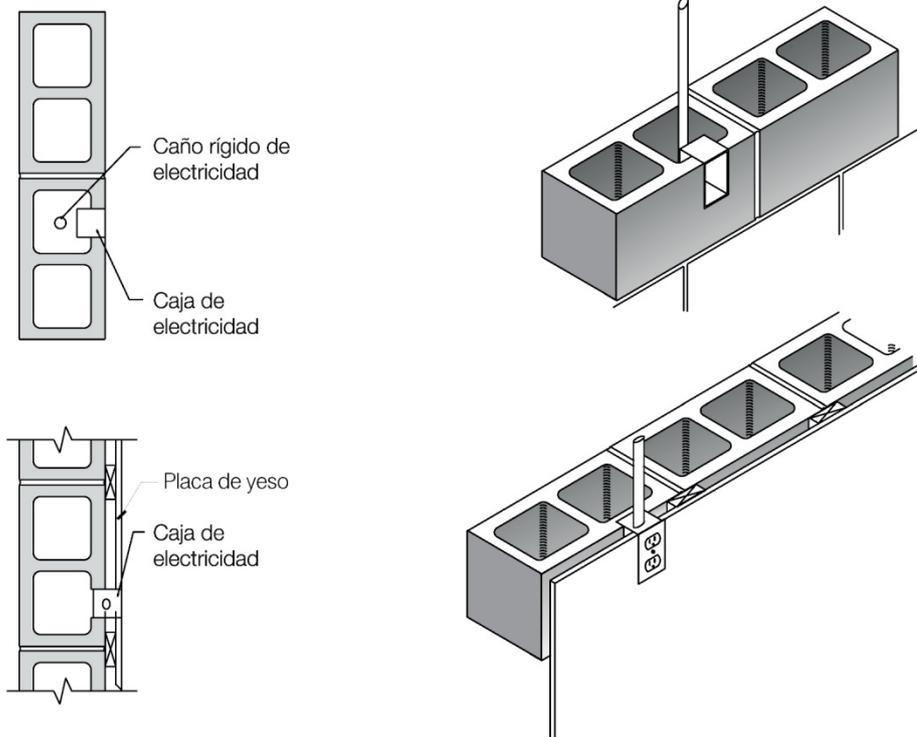
Corte B Marco de madera



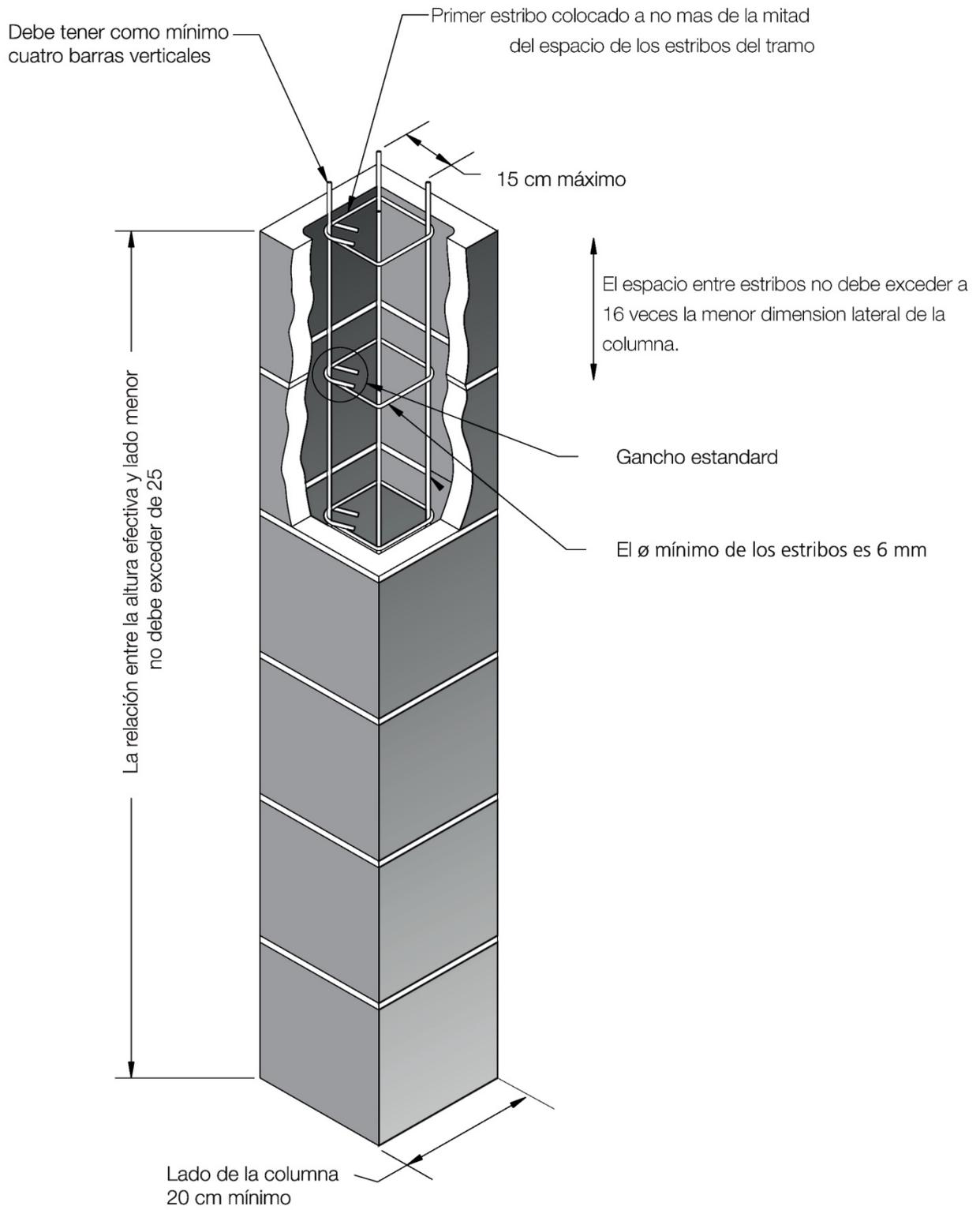
Corte B marco metálico



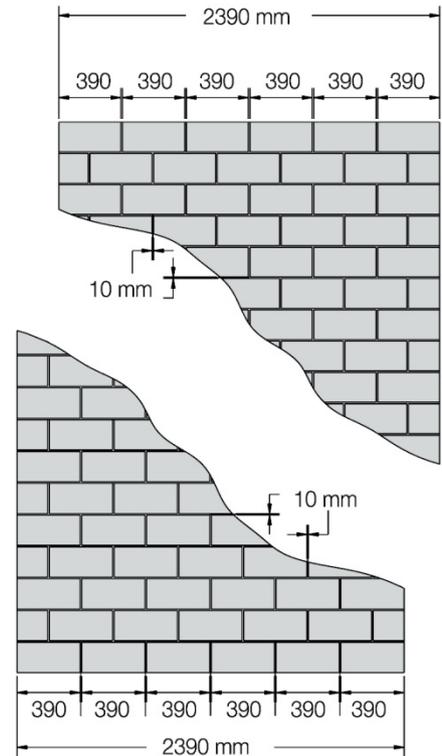
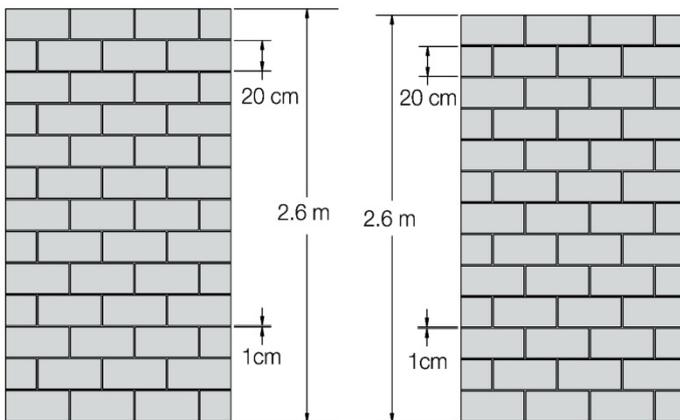
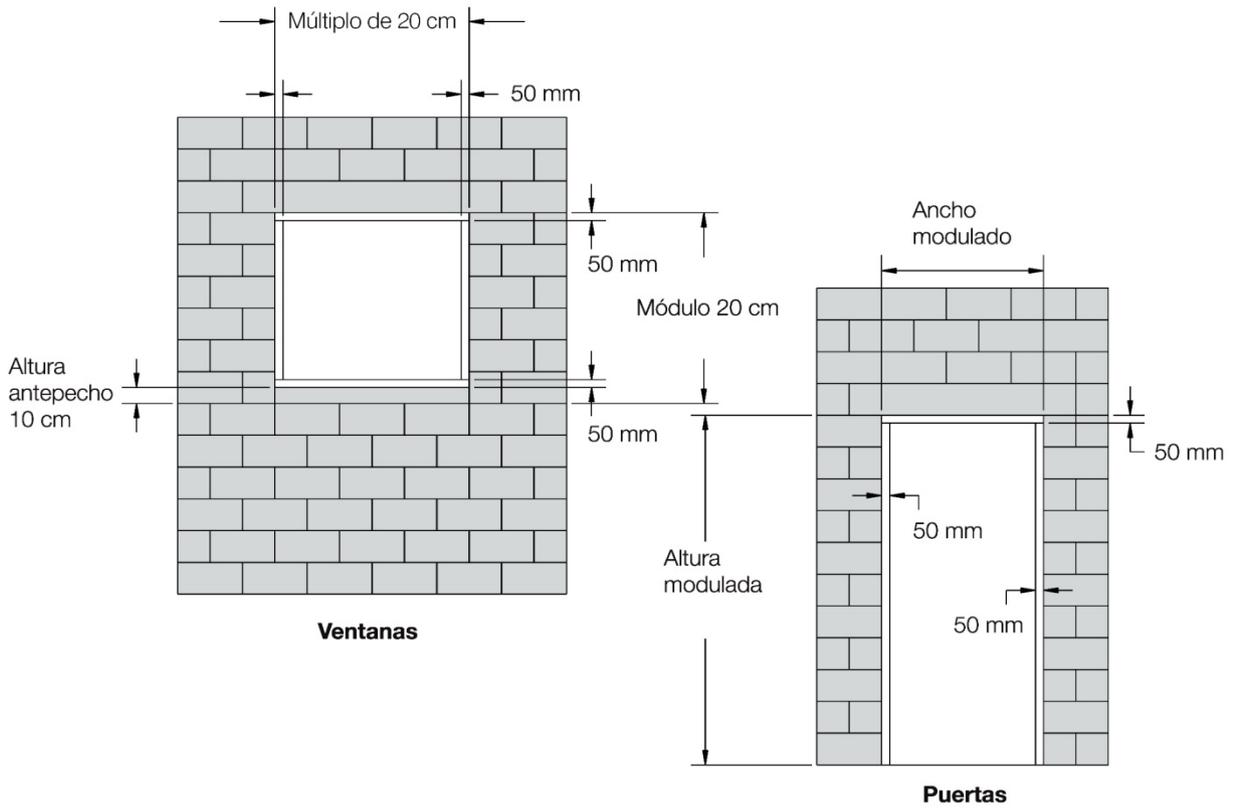
Caja de electricidad empotrada



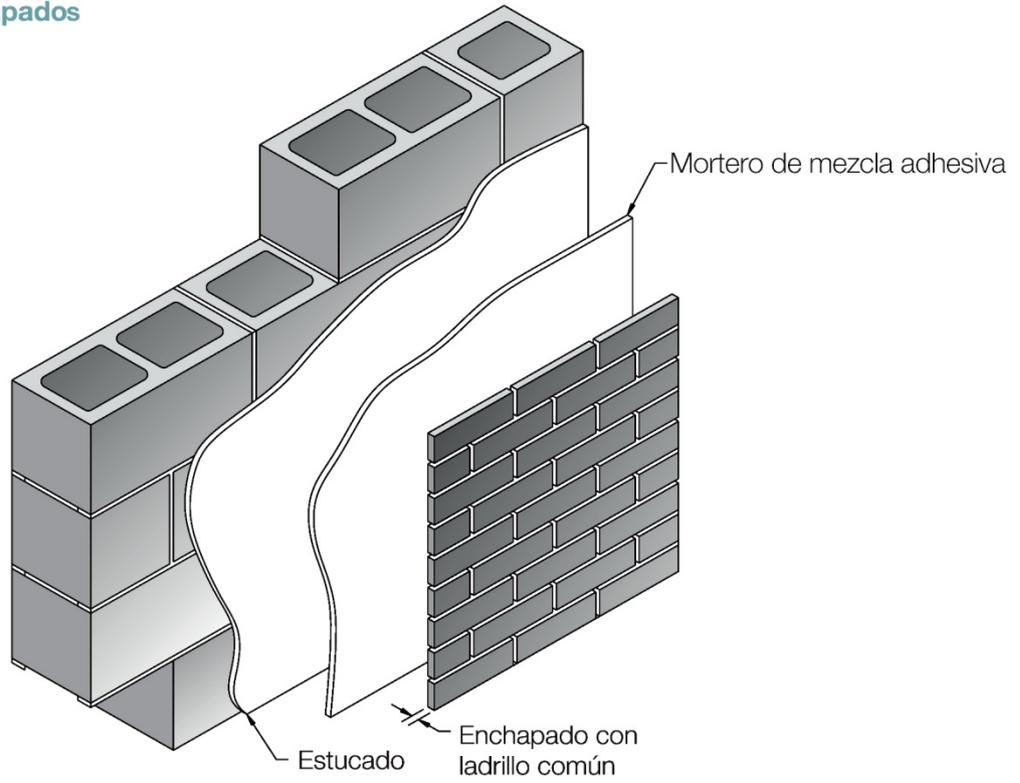
Columna



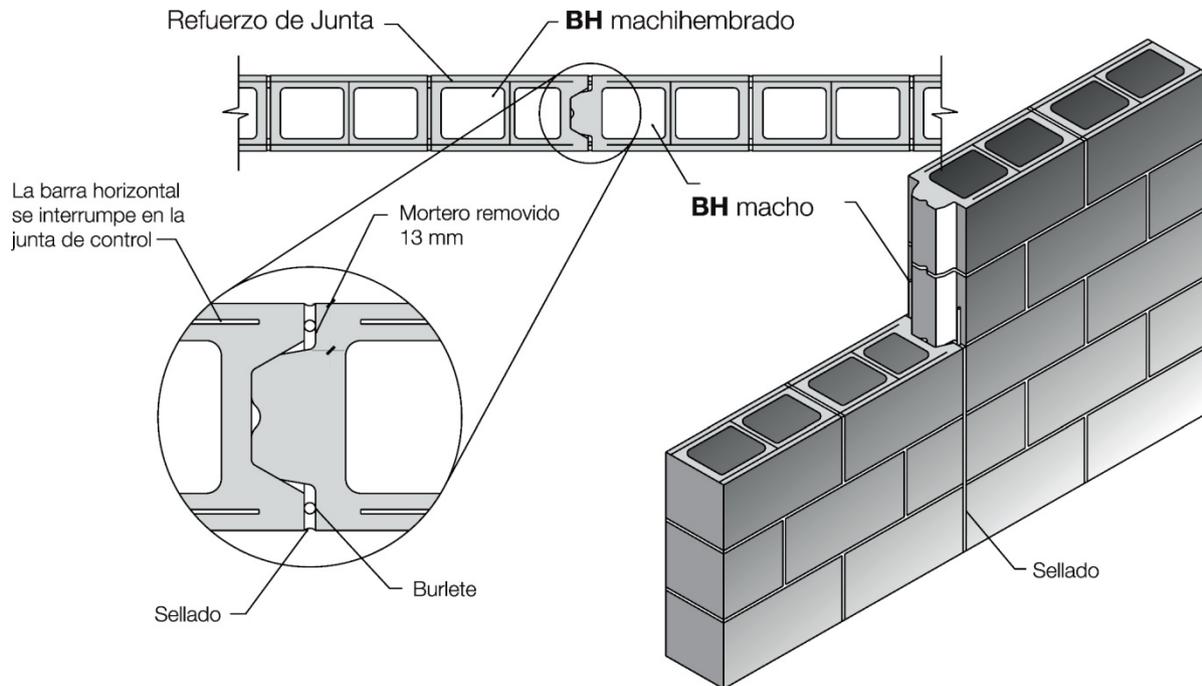
Coordinación modular



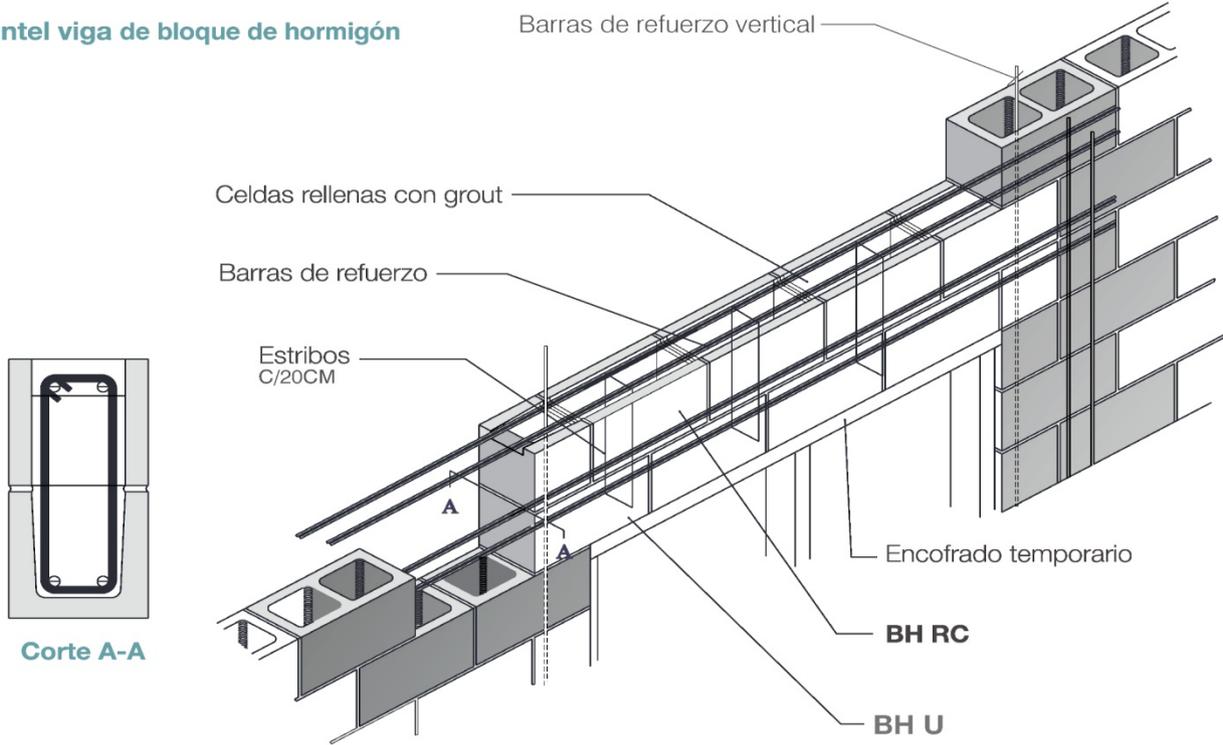
Revoques enchapados



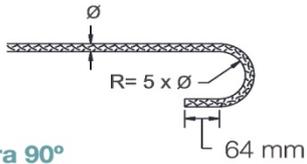
Juntas de control especial con bloques machiembrados



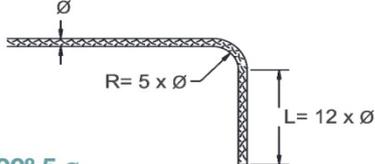
Dintel viga de bloque de hormigón



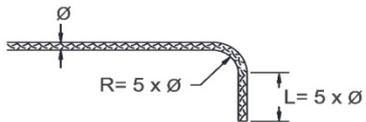
Gancho



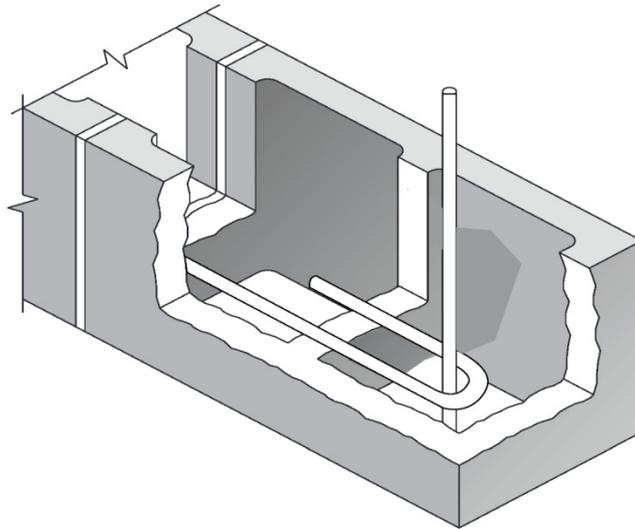
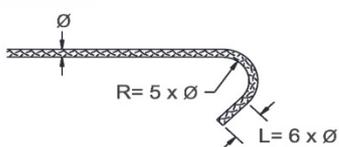
Escuadra 90°

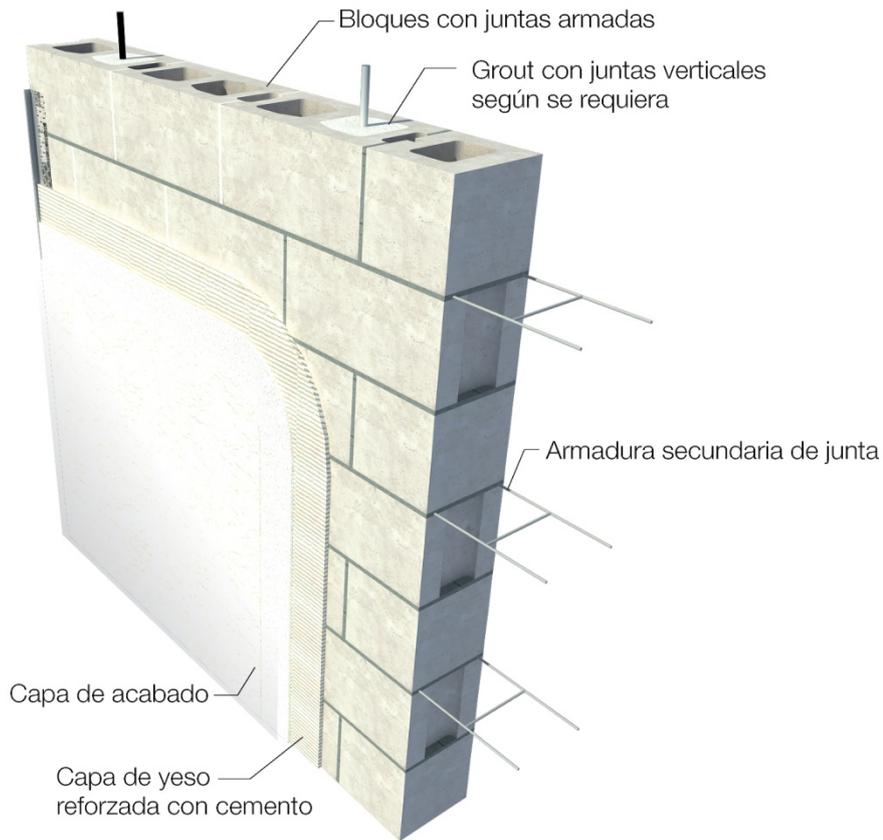


Estribo 90° 5 \varnothing



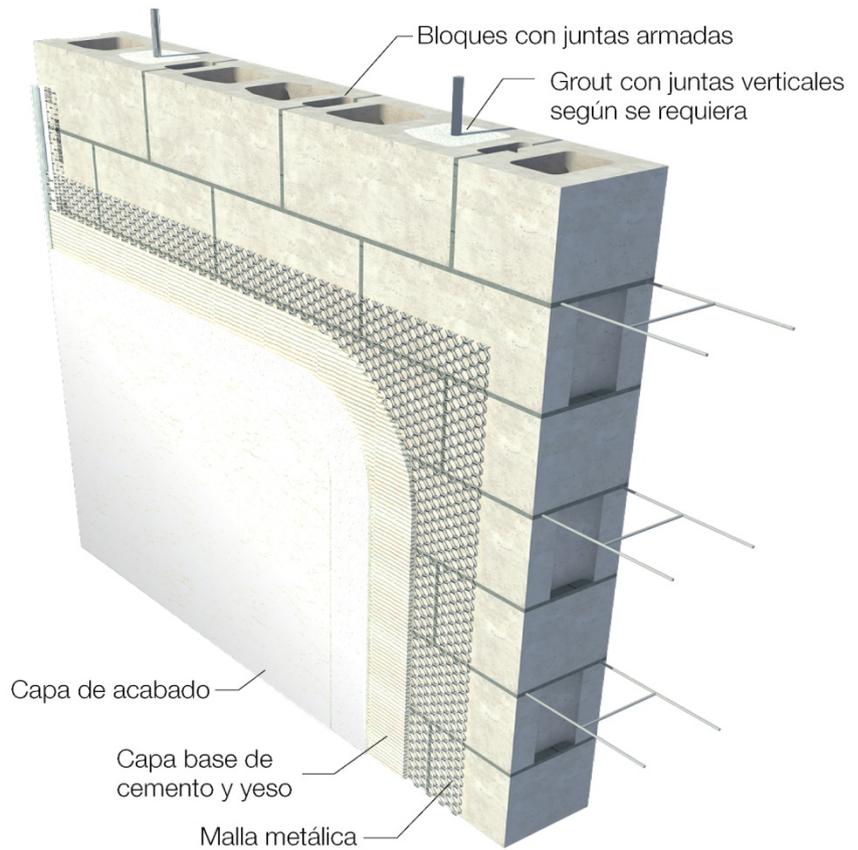
Estribo 135° 5 \varnothing



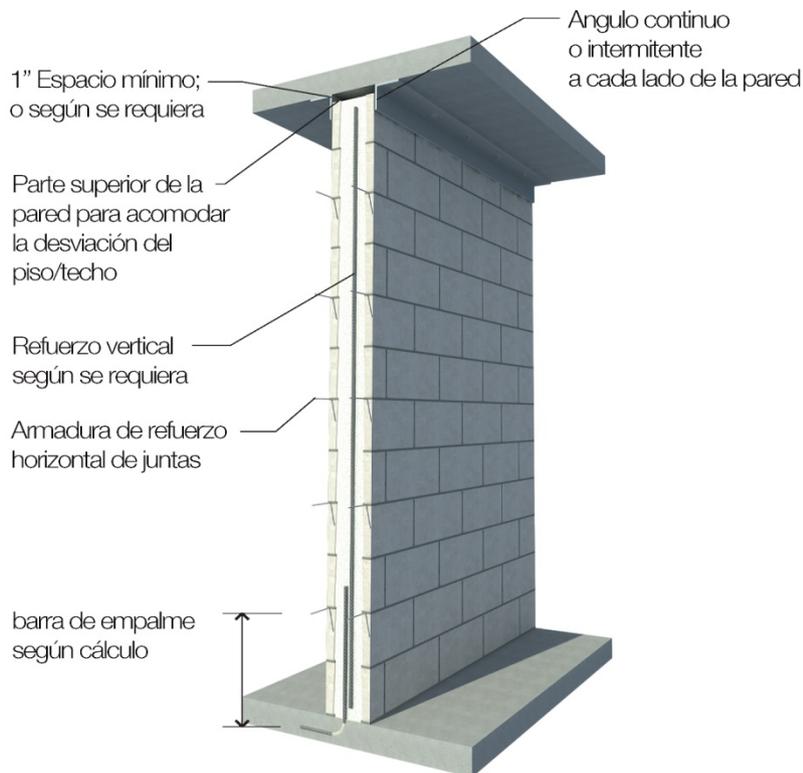
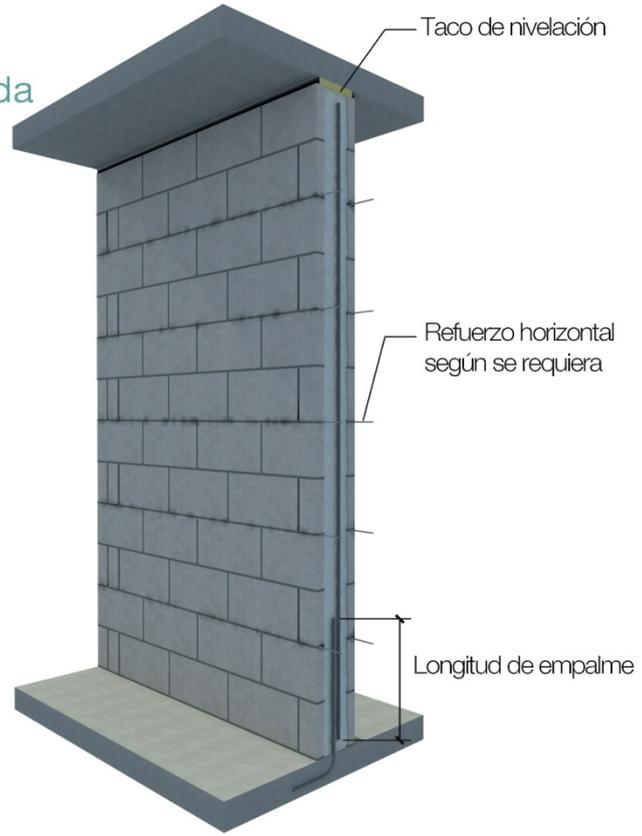


Terminación superficial al yeso

Terminación al yeso con malla metálica



Vinculación de muro intermedio con losa premoldeada

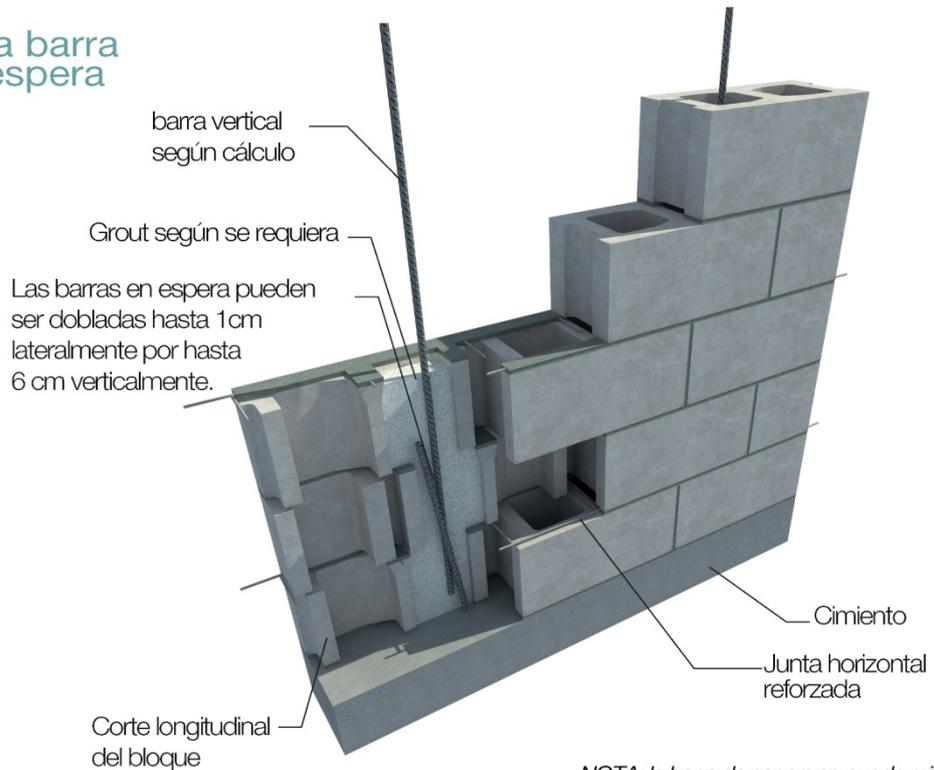


Vinculación de muro intermedio con losa premoldeada

Apoyo losa premoldeada

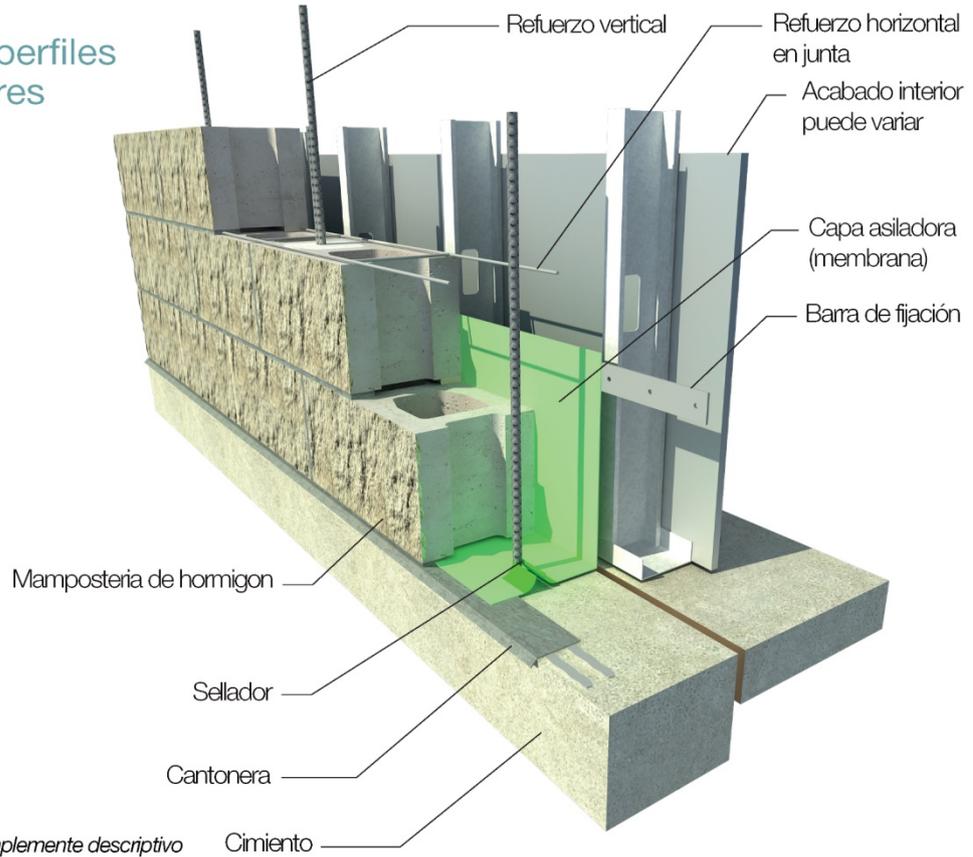


Doblado de la barra vertical en espera

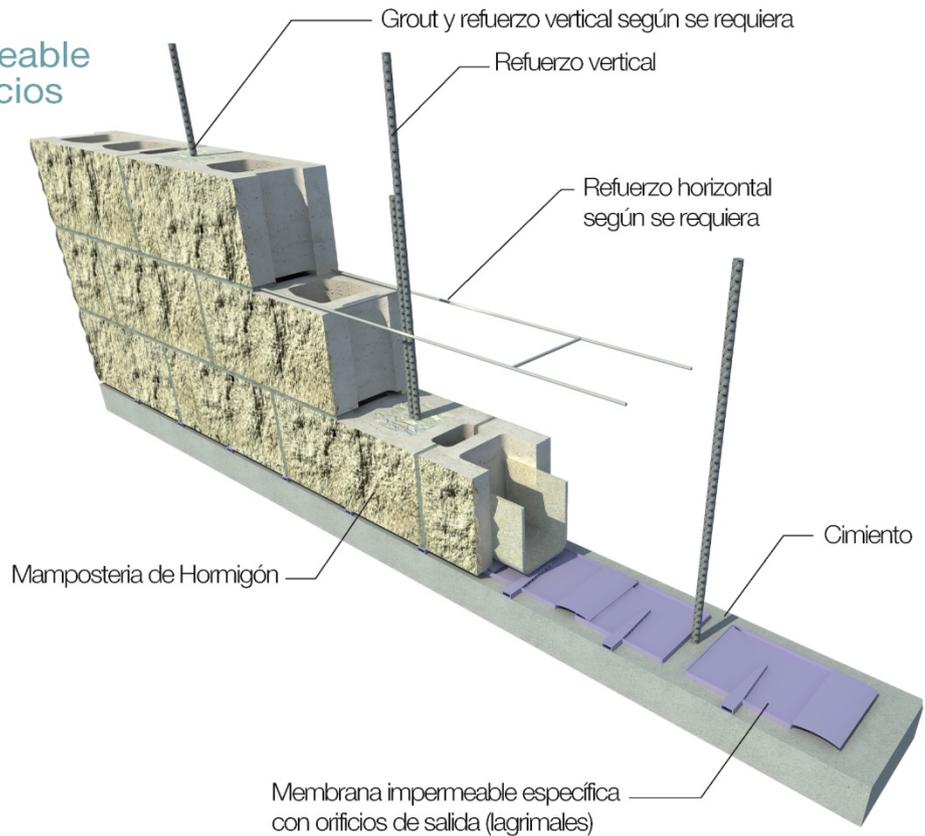


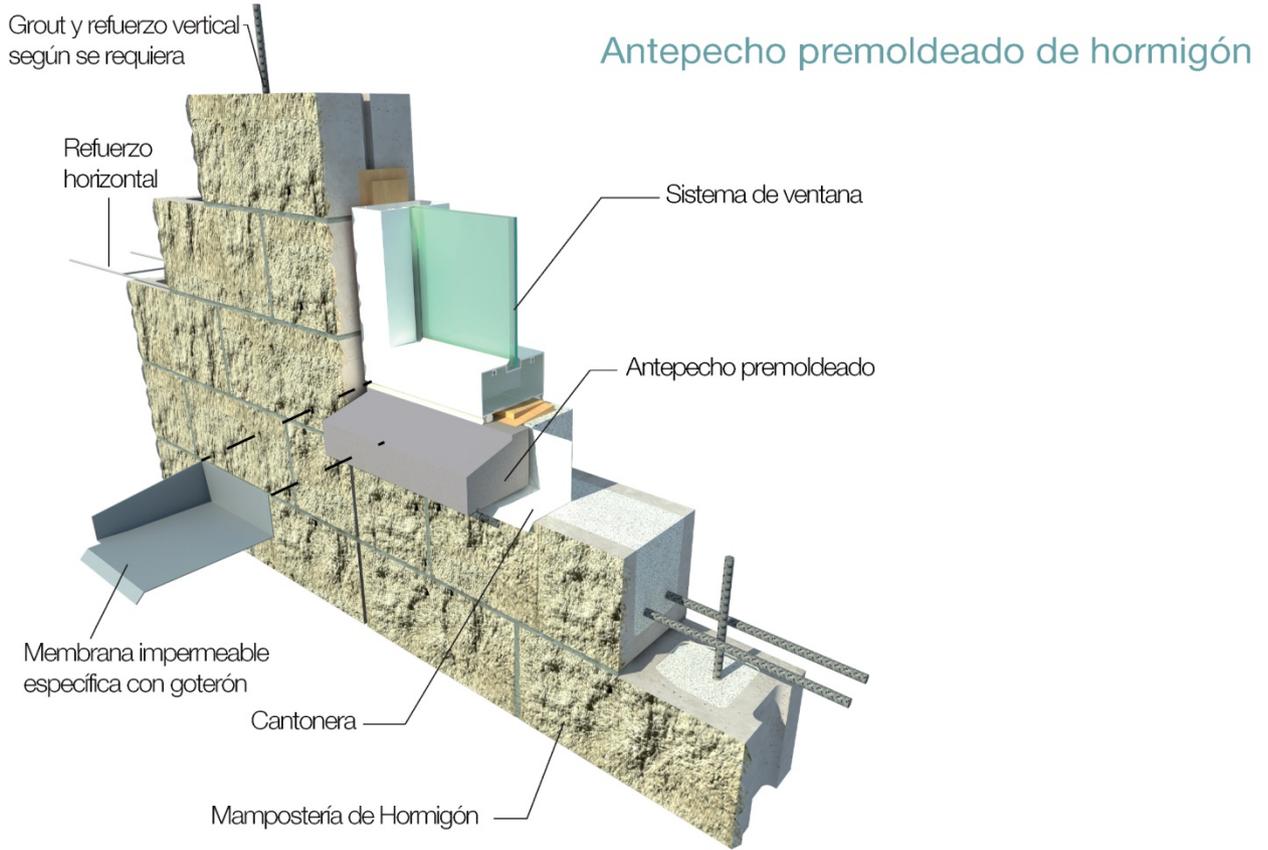
NOTA: la barra de espera se puede grifar en un ángulo resultante de 1cm horizontal y 6cm vertical 1/6 (horizontal/vertical)

Enchapado con perfiles metálicos interiores

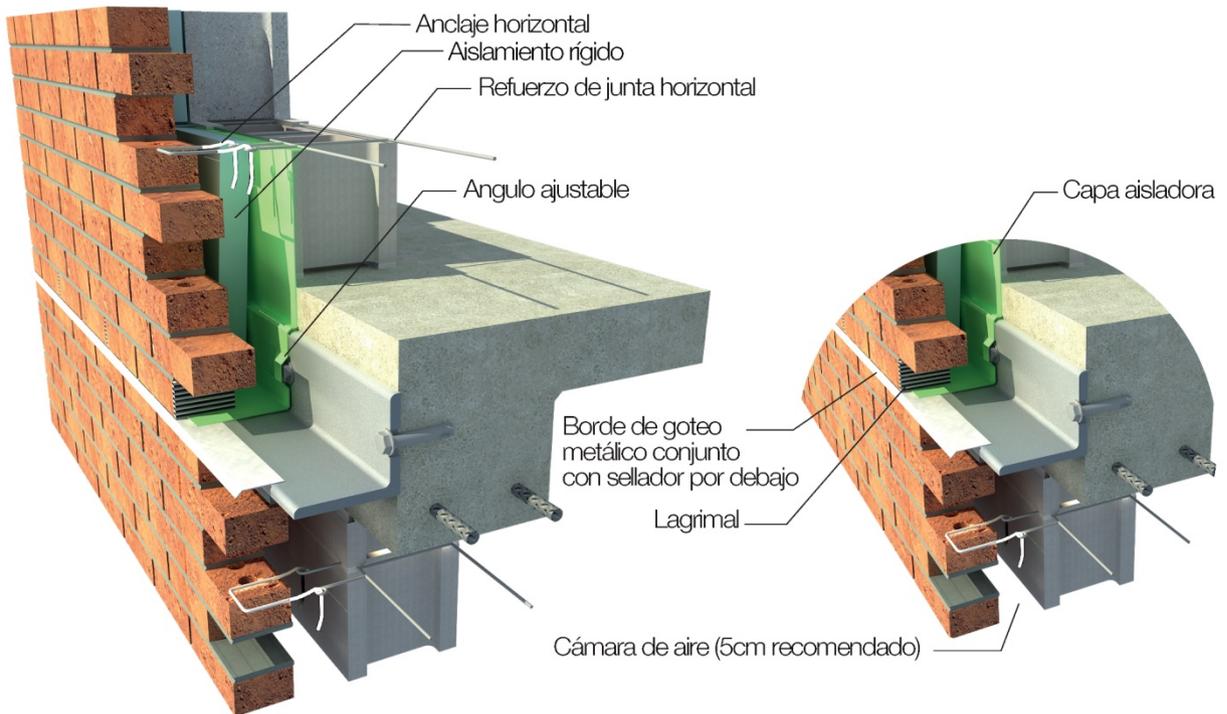


Membrana impermeable específica con orificios de salida

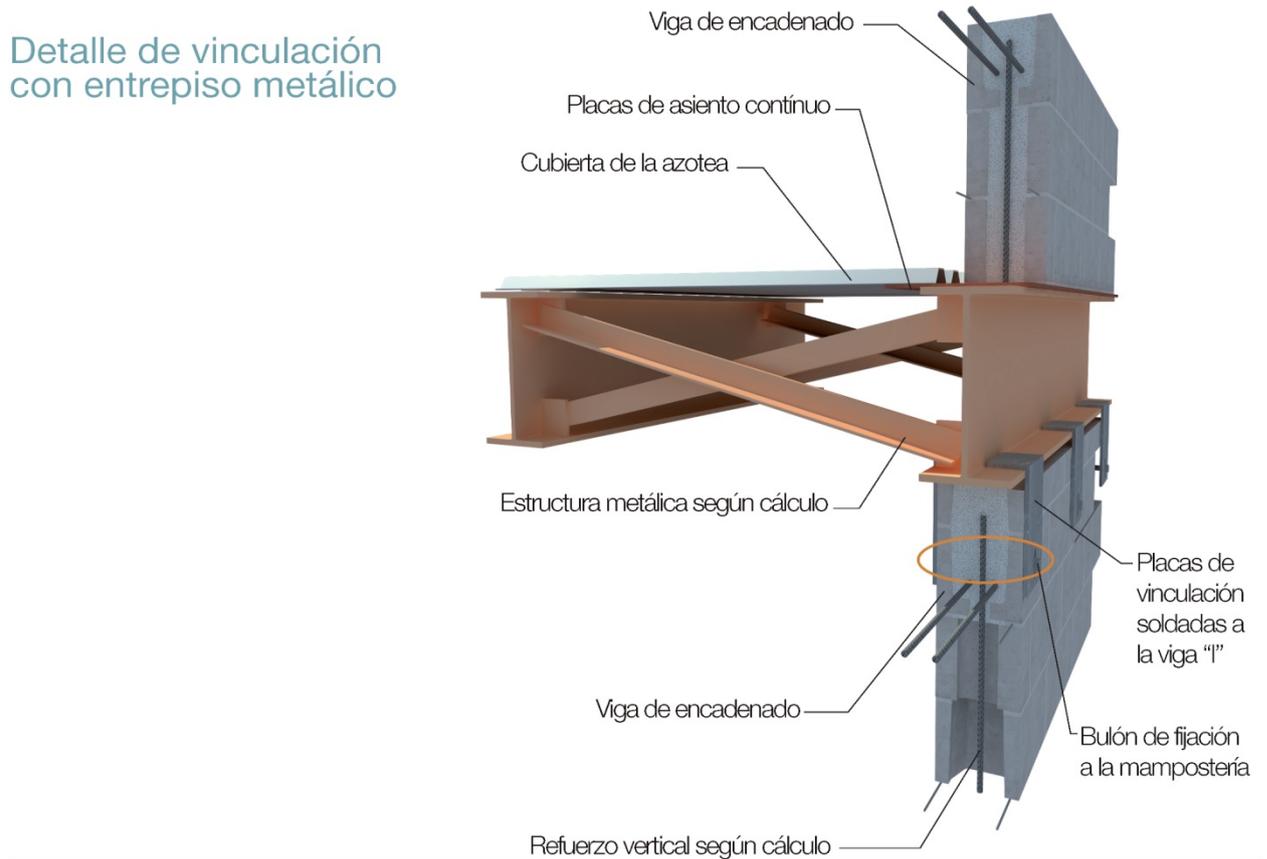




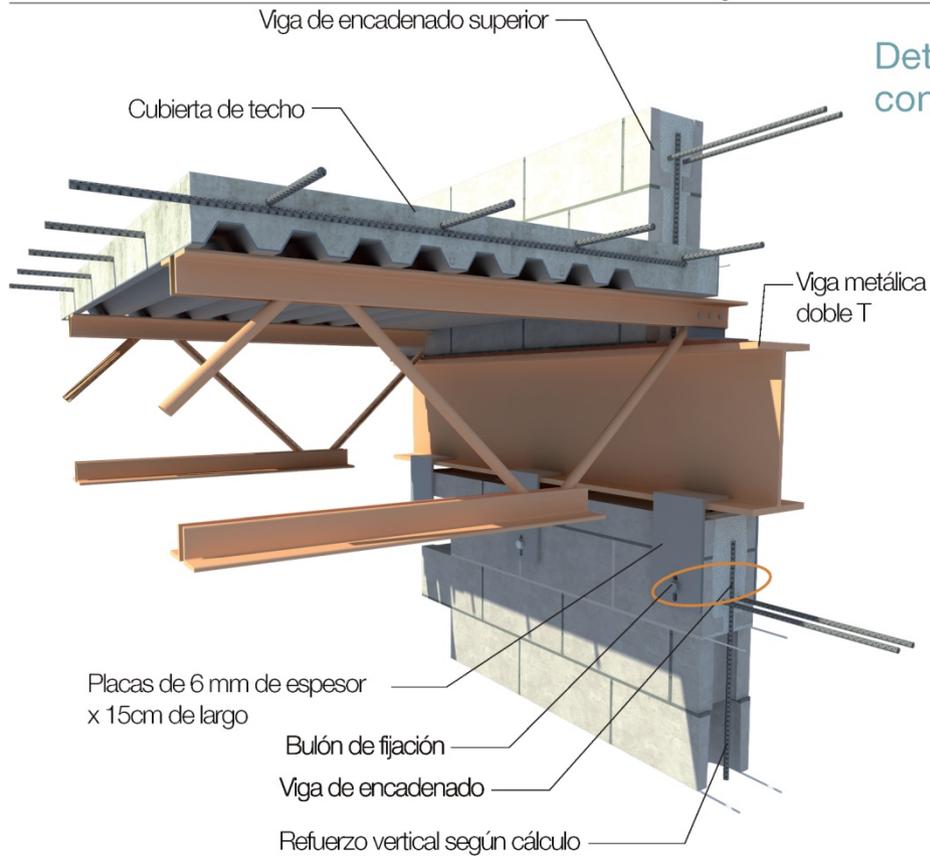
Revestimiento exterior con ladrillo cerámico



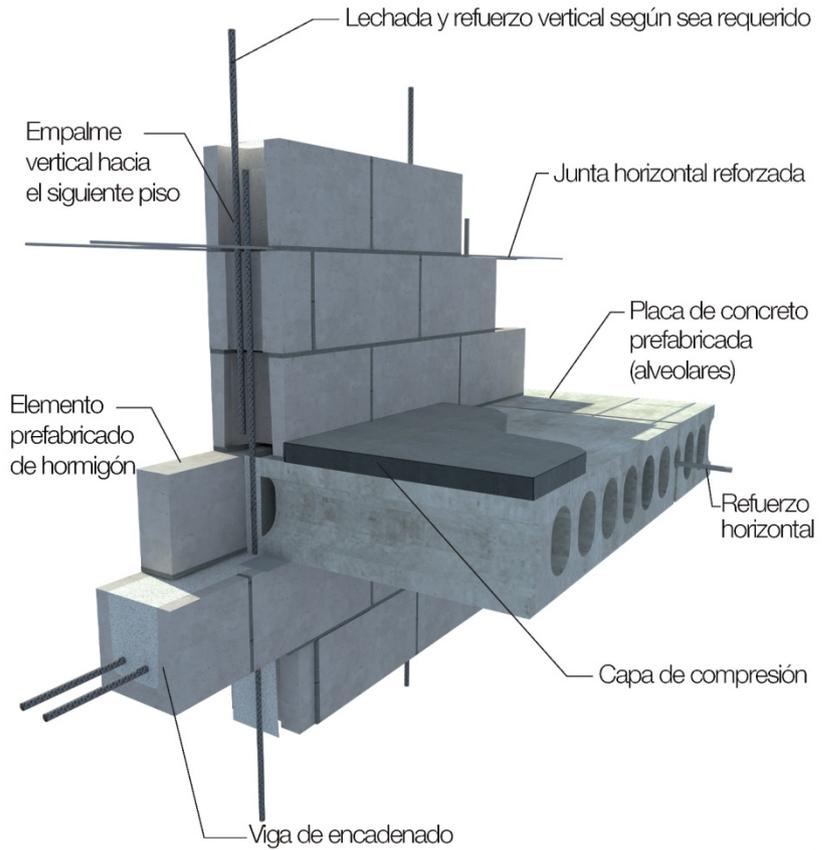
Detalle de vinculación con entrepiso metálico



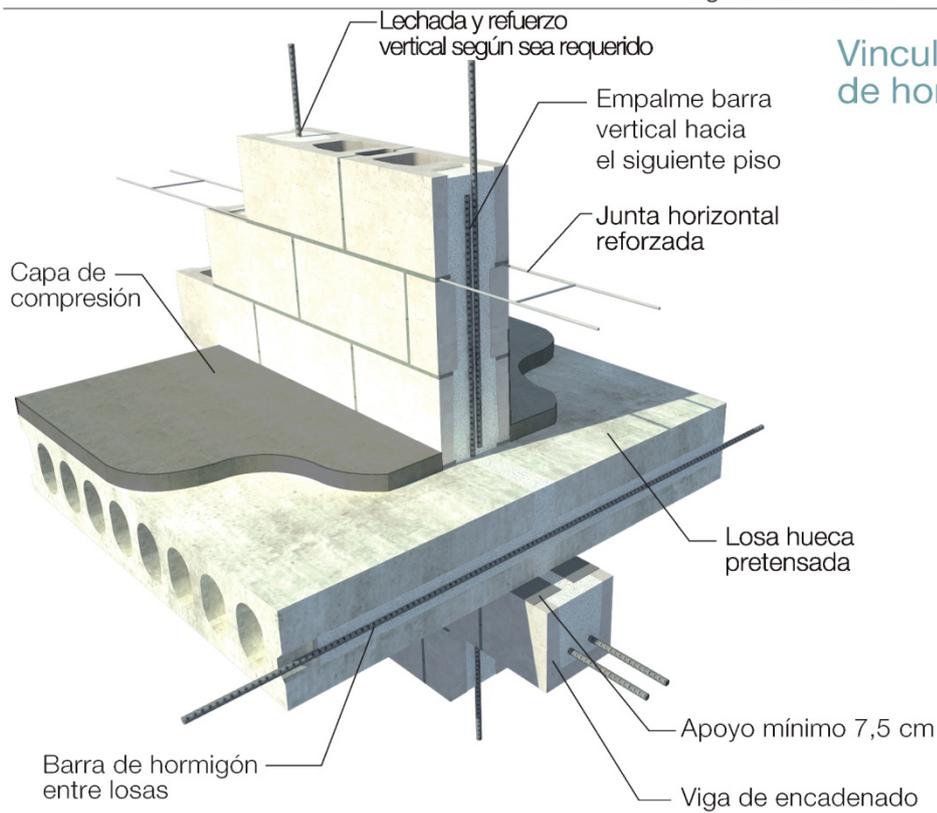
Detalle de vinculación con entrepiso metálico



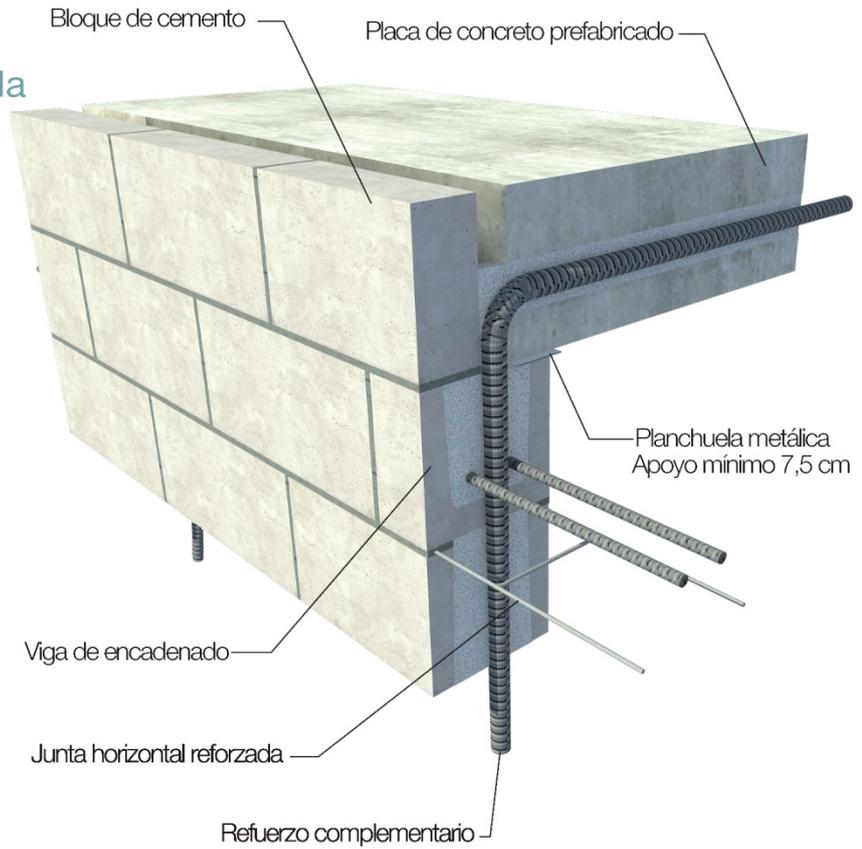
Vinculación entre muro y losa hueca pretensada



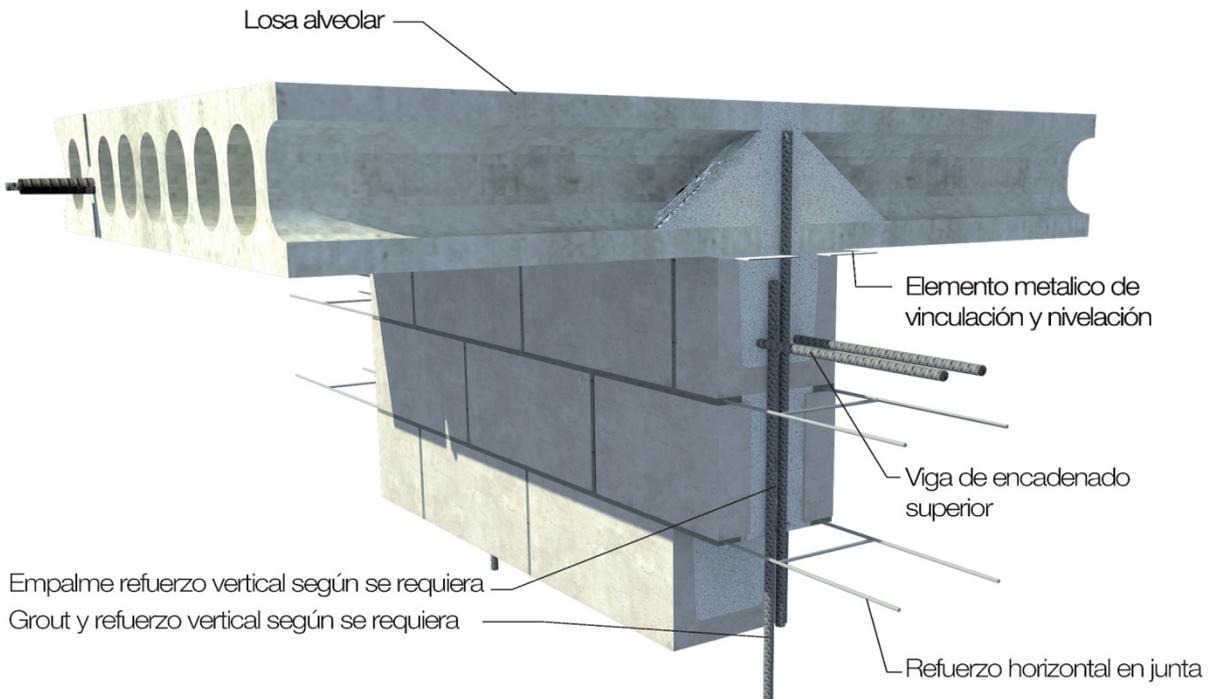
Vinculación con losa de hormigón pretensada

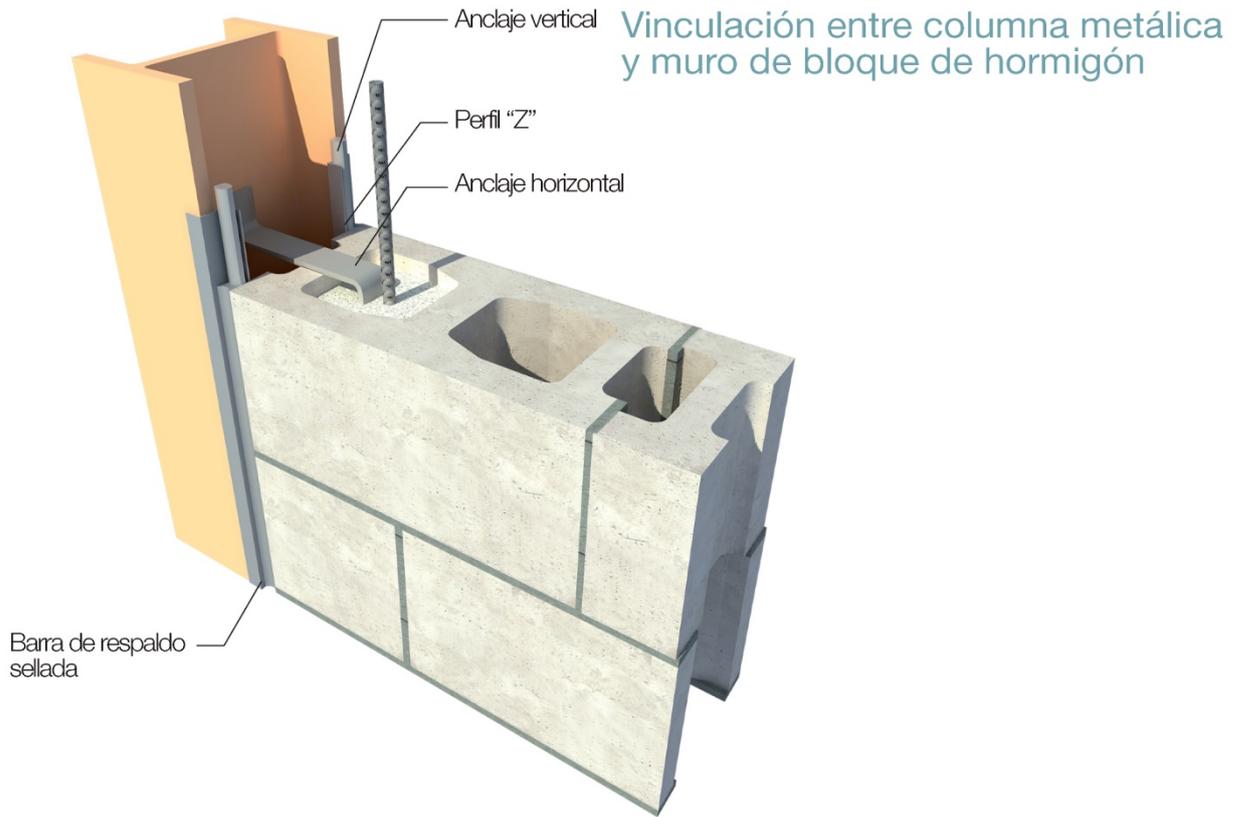


Vinculación con losa de hormigón pretensada

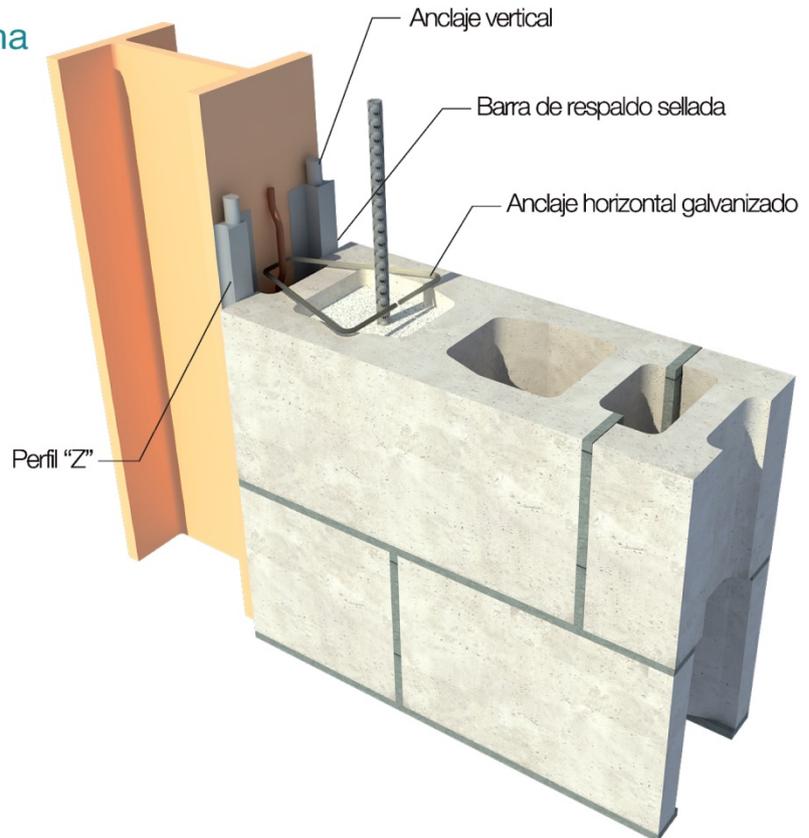


Vinculación con losa de hormigón pretensada (losa alveolar)

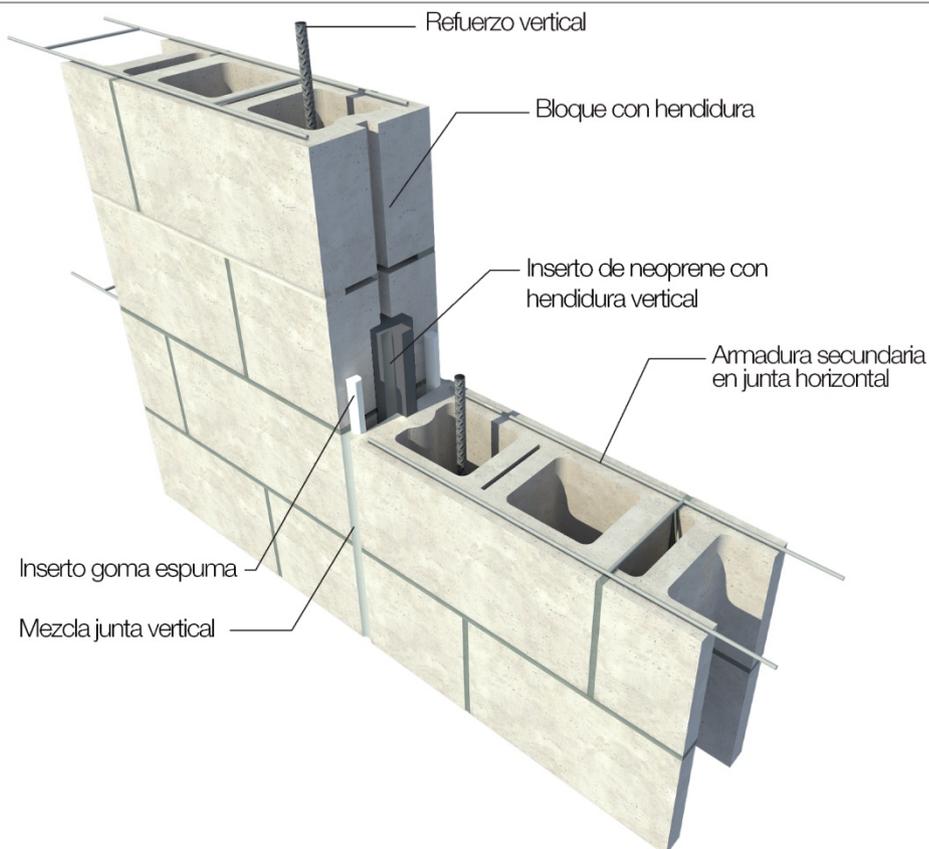
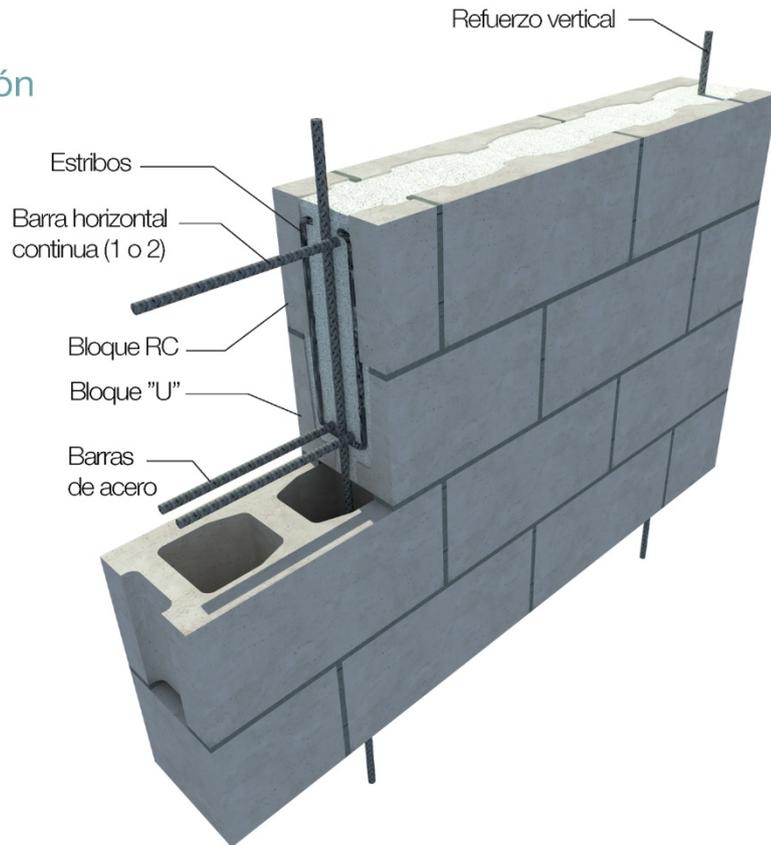




Vinculación entre columna metálica y muro de bloque de hormigón

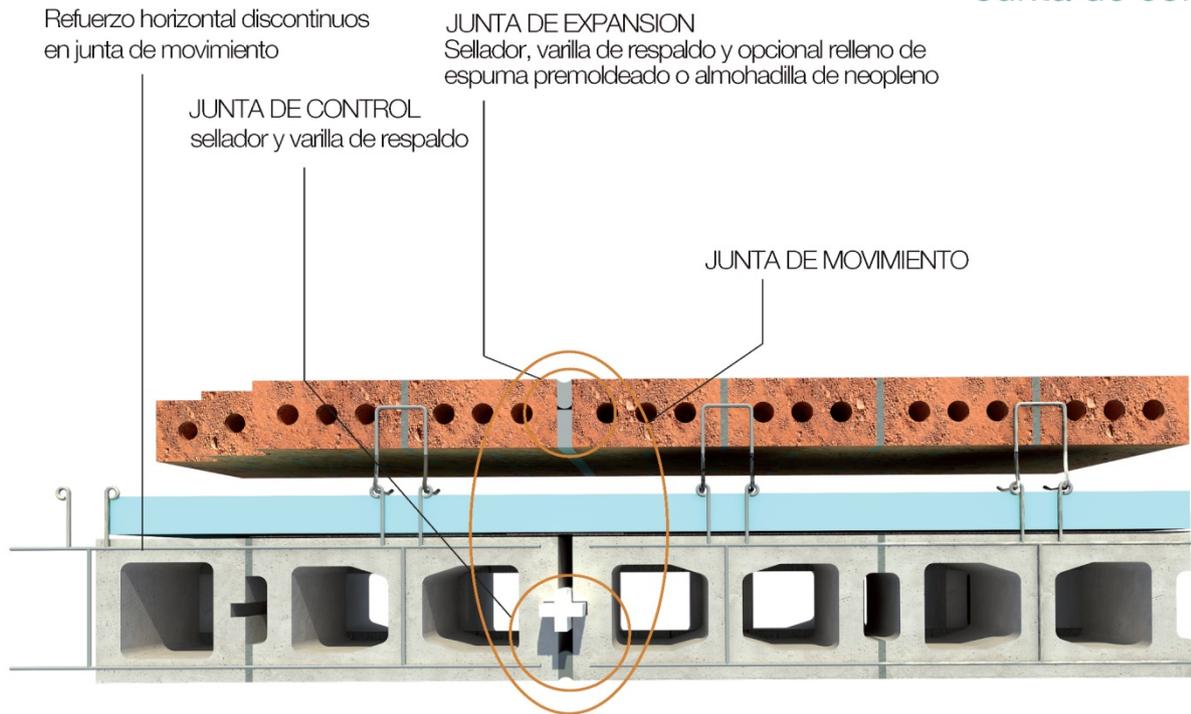


Detalle de viga de bloques de hormigón

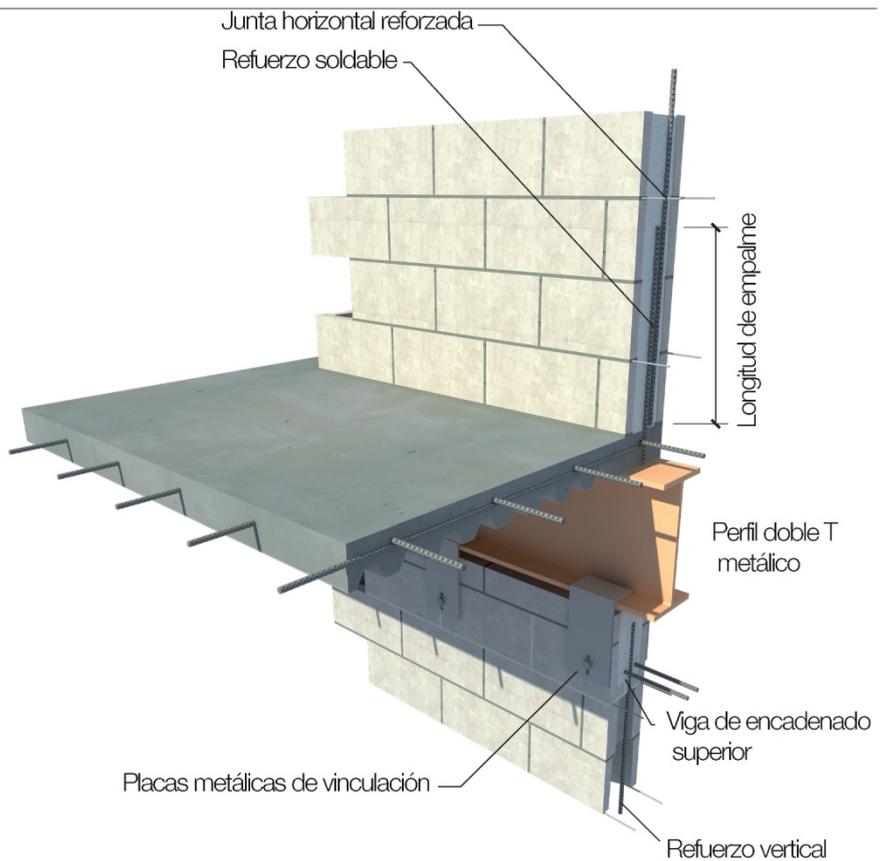


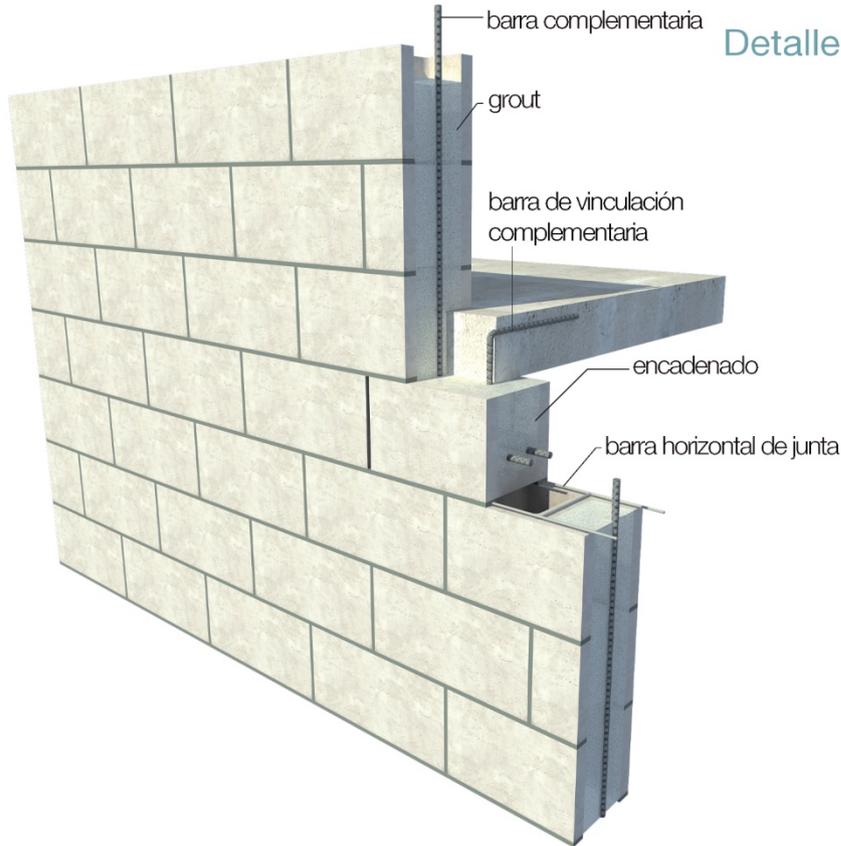
Junta de control

Junta de control

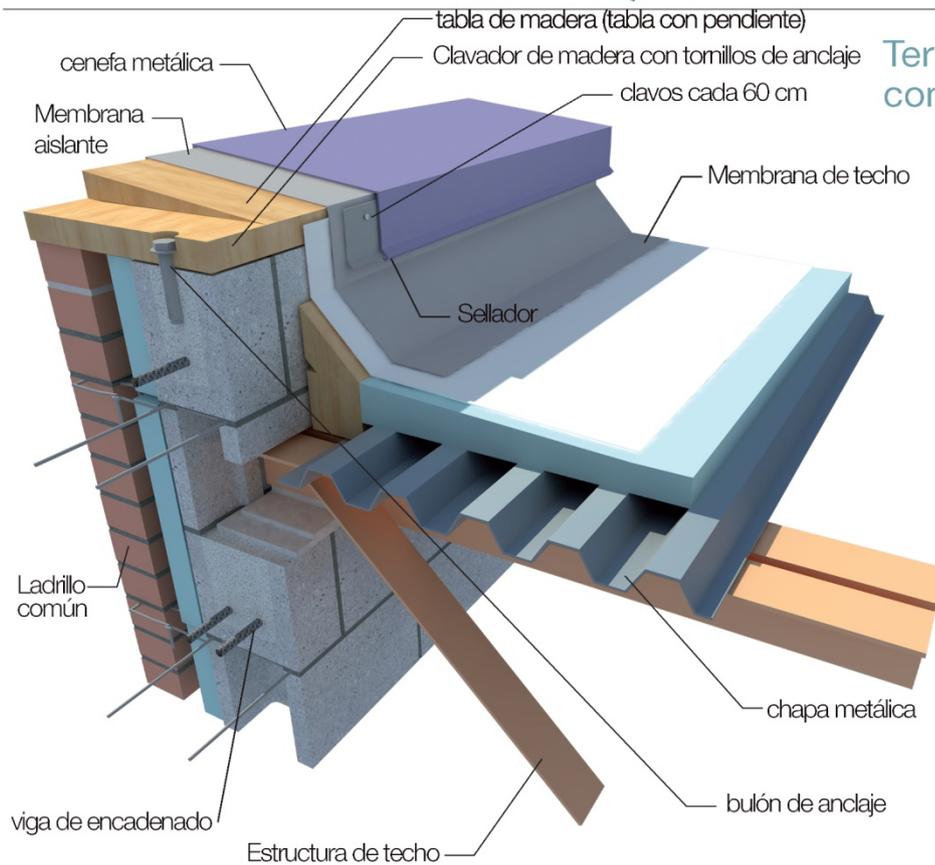


Detalle del piso





Detalle de piso de conexión



Terminación parapeto con cenefa metálica

BARRERAS SÓNICAS

ANEXO

02

2. Barreras sónicas

2.1 Introducción

Las barreras sónicas son fundamentales para preservar la calidad de vida de los habitantes de los distintos núcleos urbanos. Su empleo permite reducir sustancialmente el nivel de ruido percibido por las personas, al establecer una interposición entre fuentes emisoras de ruido (vehículos de transporte) y los receptores. Típicamente, se precisa una reducción sustancial en los niveles de ruido de 5 a 10 dBA.

Generalmente, se prefieren las barreras sónicas de hormigón por sus ventajas distintivas respecto a otras alternativas, y entre las que caben destacar a las siguientes:

- Flexibilidad y versatilidad para la creación de diseños
- Resistentes a fenómenos climáticos y acciones biológicas
- Durabilidad por periodos de más de 50 años
- Reducción considerable del nivel de sonido
- Atóxicas y no contaminantes
- Posibilidad de lograr diversas terminaciones superficiales
- Bajo costo de mantenimiento
- Aptas para emplearse como barreras de seguridad en puentes, cuando se utilizan con ciertas adaptaciones
- Resistentes a la carga de fuego y al vandalismo
- Sin fenómenos de alabeo



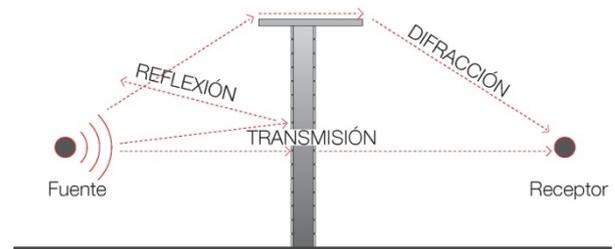
Ejemplo de barrera sónica con bloques de hormigón

Genéricamente, en función a su comportamiento y principio de funcionamiento se distinguen tres tipologías básicas de barreras sónicas; a saber:

Reflectivas

Producen la reflexión de las ondas sonoras, forzándolas a propagarse en retorno hacia el medio de la fuente emisora. En algunos casos, pueden

ocasionar un aumento significativo en el nivel del ruido del lado de la emisión.

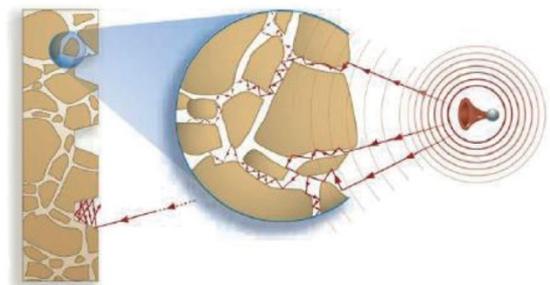


Absorbentes

El material de construcción del muro presenta una estructura porosa que fuerza a las ondas sonoras a recorrer un camino tortuoso en el que se reduce la energía sonora, convirtiéndose en energía térmica.

Reactivas

Incorporan dentro del muro cavidades o resonadores capaces de atenuar ciertas frecuencias de sonido.



Cabe destacar que habitualmente las barreras no presentan un comportamiento plenamente reflectivo, absorbente o reactivo, aunque sí presentan predominancia en el comportamiento de un u otro fenómeno. El material, la forma, la ubicación y las dimensiones de las barreras sónicas inciden sobre la capacidad de éstas para mitigar la propagación de emisiones sonoras. Dependiendo de la elección del material (absorbente o no), la energía sonora será, en parte, reflejada, absorbida por el material o transmitida a través de él.

2.2 Paramentos de mampostería de hormigón

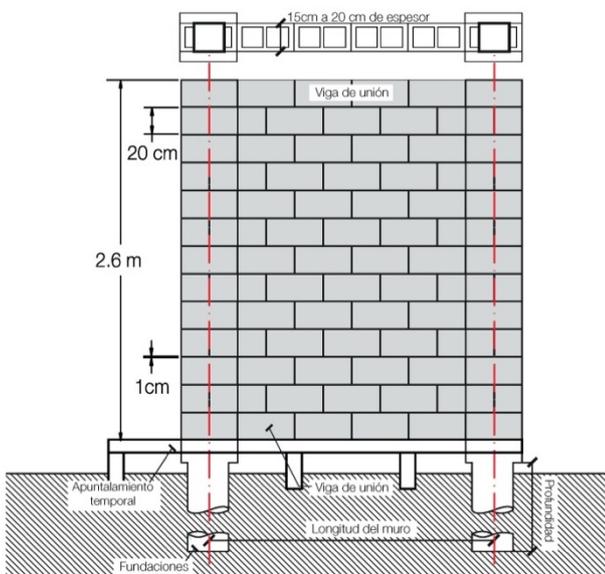
Constituye una de las alternativas técnicas para la ejecución de barreras sónicas con hormigón. Consiste en erigir muros o paramentos mediante la colocación de elementos mampuestos de hormigón vibrocomprimido. El trabajo de construcción de mampostería incluye la colocación de los bloques, al mortero de asiento, al grout de relleno, y a la armadura de refuerzo horizontal y vertical. Los bloques de hormigón utilizados

en este tipo de muros pueden ser de caras lisas, rugosas y de textura “partida” (splitados), o con conformado superficial.

Hay dos tipos de bloques de hormigón: los bloques tradicionales y los bloques livianos de agregados de baja densidad o matriz porosa. Con los primeros se pueden realizar barreras sónicas reflectivas mientras que con los segundos se realizan barreras absorbentes a la vez que permiten reducir el peso de los paneles por unidad de superficie. Debido a su durabilidad y a la posibilidad de crear muros de acabado estético agradables, los bloques de hormigón son extensamente utilizados en la construcción de barreras sónicas. Estas pueden ejecutarse in-situ, fuera de obra, construyendo muros prefabricados, los que luego se transportan y colocan en obra como cerramiento entre postes o columnas de hormigón.

En la actualidad, en Argentina, las fábricas de bloques de hormigón cuentan con moldes especiales que les permiten producir bloques de diversas dimensiones, con gran variedad de formas y aparejos utilizables en estos proyectos. Estas plantas cuentan con procesos de fabricación y sistemas de control con elevados estándares de calidad y uniformidad de la producción, garantizando el desempeño de los elementos fabricados.

Por encontrarse a la intemperie, estas barreras se encuentran sometidas a una variada combinación de cargas, acciones térmicas, y variaciones de humedad, por lo que es necesario establecer cuidadosamente las condiciones de diseño, para garantizar un correcto desempeño a lo largo de toda la vida útil proyectada. Asimismo, los trabajos de colocación de los mampuestos deben ser realizados por personal calificado y con experiencia en la técnica constructiva.



En los casos de barreras sónicas de altura considerable y gran extensión longitudinal, que estén sometidas a cargas laterales significativas, su diseño se encuentra limitado por las deflexiones que puedan experimentar. Ellas deben ser controladas a fin de evitar el desarrollo de fisuras debidas a la sollicitación por flexión, tanto en dirección vertical como horizontal, y en proximidad a la fundación.

Un criterio habitual a adoptar como máxima deflexión admisible es un valor de $L/240$, donde L es la longitud del muro entre pilotes de fundación.

2.3 Diseño de las barreras

Con respecto a la localización de las barreras, serán más efectivas cuanto más cerca se encuentren del camino o la vía de transporte por la que circulan los vehículos emisores del ruido. Para un camino “en trinchera”, la ubicación óptima de una barrera es el punto más alto posible.

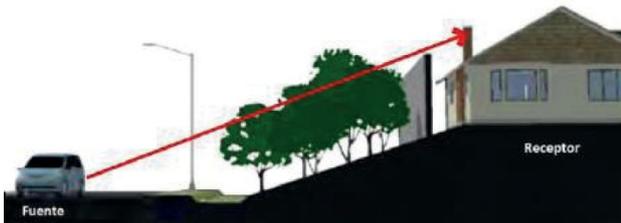
Además, se deben instalar las barreras a una distancia prudencial de la zona de camino para evitar colisiones de vehículos contra ellas. Cuando esto no sea posible, se deben instalar protecciones físicas. Con respecto a las características geométricas, la altura de la barrera debe ser, por lo menos, la necesaria para bloquear la línea de propagación de las ondas sonoras desde los vehículos hasta las casas cercanas. Sin embargo, al definir la altura se debe obtener un equilibrio entre el impacto visual de la misma y su desempeño acústico.

La reducción de ruido se controla diseñando una barrera lo suficientemente alta y larga como para proteger adecuadamente al receptor. Como se mencionó, la barrera debe ser tan alta que logre romper la línea de visión entre la autopista y el receptor. El largo debe ser tal que el sonido no pueda viajar alrededor de los extremos de la barrera, esto se logra extendiendo la barrera aproximadamente cuatro veces la distancia entre la autopista el receptor.



Para el cálculo del largo, se debe establecer la longitud necesaria para cubrir un ángulo de 160°

medidos desde el elemento receptor. Este largo puede reducirse empleando un retorno en los bordes del muro. En casos donde se requieran barreras de gran longitud, suele recurrirse a adoptar variaciones en la terminación superficial estética del muro, o en su altura, a fin de disminuir el impacto que genera la monotonía de su desarrollo.



Habitualmente, las barreras sónicas de hormigón se diseñan para un periodo de vida en servicio no inferior a 40 años. Para lograrlo, deben tenerse en cuenta a los siguientes factores como aspectos capaces de afectar su durabilidad: el ingreso de agua, el vandalismo, el impacto de objetos y la acción de una carga de fuego. La calidad y tipo de materiales empleados deben ser acordes con las condiciones y características del entorno donde se emplace la barrera.

Por otra parte, las barreras sónicas deben contar con puertas para facilitar el ingreso del servicio de mantenimiento y, eventualmente, para servicios de emergencias ante siniestros en las vías de transporte.



2.4 Construcción de barrera sónica con bloques de hormigón en carretera

El acabado estético de las barreras es un aspecto fundamental en su diseño, dado que las barreras se ubican generalmente en las inmediaciones de los centros poblacionales. Sin embargo, el diseño estético no debería comprometer su desempeño acústico.

Debe tenerse en cuenta que las barreras sónicas deben integrarse con el diseño de la totalidad del

corredor y complementar a las estructuras del camino y del paisaje. Se debe evitar que las barreras propicien zonas de baja incidencia de luz solar; para ello es conveniente regular la proximidad entre barreras.

Otro factor estético a considerar es el alineamiento de las barreras. Una ligera inclinación hacia el lado exterior del camino puede conllevar una importante mejora en su impacto visual hacia los conductores, reduciendo de esta manera la sensación de encierro que puede generar la proximidad de los dos muros. Otra forma de mitigar esta sensación es incluyendo aberturas esporádicas que permitan el ingreso de luz.

Las barreras deben diseñarse considerando las dos caras del muro y su diferente funcionalidad. Para el lado interior, se pueden utilizar patrones geométricos y diferentes formas; para el lado exterior, se debe considerar la construcción y diseño de detalles visibles. Las terminaciones superficiales pueden incluir diferentes texturas, patrones y una amplia gama de colores.

Las barreras deben ser consistentes y persistentes en su color, materiales y textura a lo largo del corredor. No deben presentarse cambios bruscos en estas características, puesto que pueden generar distracciones en los conductores en vías de tránsito vehicular.

Al respecto del diseño estructural, la carga de viento debe ser modelada como una presión horizontal actuante sobre la pared. En la Argentina, para ello, se emplea la metodología de análisis de cargas definida por el Reglamento **CIRSOC 102-2005**.

También se debe tener en cuenta la carga que implica el impacto de vehículos. Habitualmente ello se modela mediante la aplicación de una carga de 45 kN. Adicionalmente, existen otras acciones a tener en cuenta. Para éstas se utilizan las metodologías en los Reglamentos **CIRSOC 103** (Sismo Resistentes), **CIRSOC 104** (Nieve y hielo), **CIRSOC 105** (Estados de Carga) y **CIRSOC 106** (Acción Térmica Climática).

2.5 Fundaciones

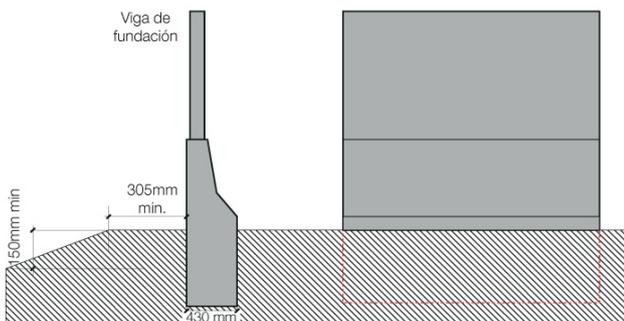
Para el diseño de las fundaciones se debe disponer de información detallada respecto a las características del suelo de fundación, relativa a la resistencia a la penetración, el ángulo de fricción del suelo, su clasificación, entre otros parámetros.

Se debe realizar un estudio hidráulico del sitio de emplazamiento de la obra, considerando el diseño y

ubicación del muro, la topografía y el historial de precipitaciones. Esta información debe utilizarse a los fines del diseño de la barrera, evitando que ella actúe como un dique, impidiendo la circulación del agua.

La elección del tipo de fundación a utilizar depende de las condiciones del proyecto. Los principales tipos de fundación son: las vigas continuas de fundación, fundaciones aisladas, fundaciones indirectas mediante pilotes y apoyos de la barrera de hormigón.

En caso que la barrera se sitúe en un terreno con pendiente, debe disponerse de una protección para los pilares. Para evitar esto, se recomienda disponer de orificios que permitan el paso de agua a través de la barrera a lo largo de toda su extensión. Estos orificios deben tener, aproximadamente, 10 cm de diámetro o lado mínimo, según se trate de un orificio de sección circular o rectangular. Cuando los orificios de drenajes presenten un tamaño menor al 3 % del área del panel, sus efectos acústicos se pueden despreciar.



2.6 Evaluación de las propiedades acústicas

Se utilizan dos indicadores para poder analizar cuan efectiva será una pared al momento de prevenir la transmisión de sonido en un rango de frecuencias. Estos indicadores son el coeficiente de reducción del ruido y la clase de transmisión del sonido.

Coeficiente de reducción del ruido (NRC)

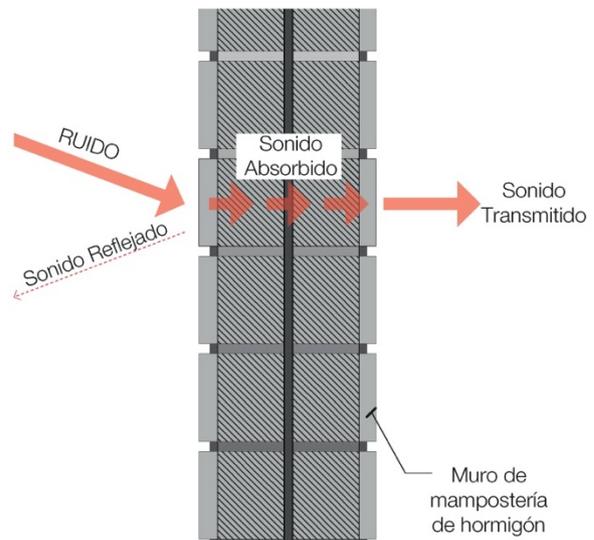
Es la relación entre la cantidad de energía reflejada por el muro en dirección a la fuente emisora y la energía absorbida por el material del mismo. Este coeficiente adopta valores entre 0 (muro 100% reflectivo) y 1 (muro 100 % absorbente).

El SAC es la cantidad de energía de sonido absorbida por la barrera comparada contra una superficie perfectamente absorbente como, por ejemplo una abertura completamente abierta. Es determinado mediante el promedio de los

coeficientes de absorción (SAC) de sonido a las frecuencias 250, 500, 1000 y 2000 Hz.

Clase de transmisión del sonido (STC)

Es una medida del desempeño del material en su capacidad de atenuación del sonido propagado por el aire. Este índice determina la cantidad de energía sonora que atraviesa el muro y la cantidad de energía que efectivamente llega al receptor.



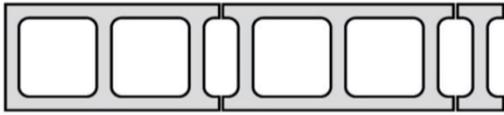
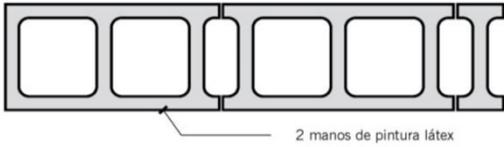
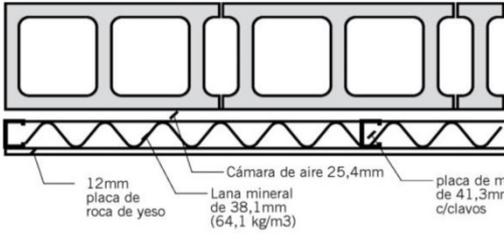
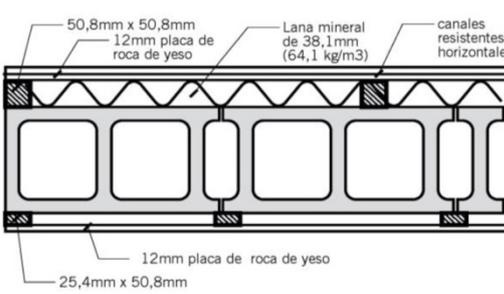
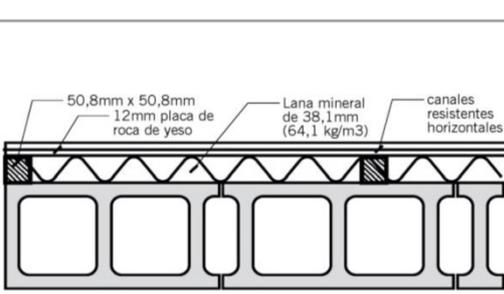
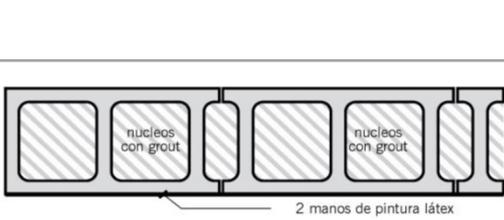
Características de atenuación del ruido de la mampostería de H°

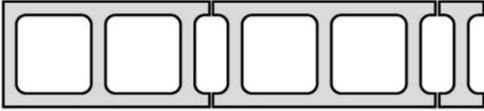
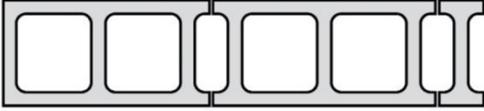
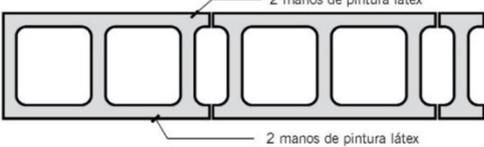
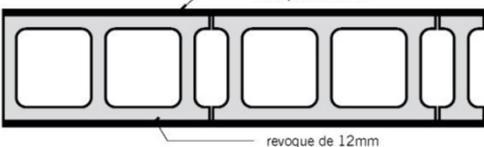
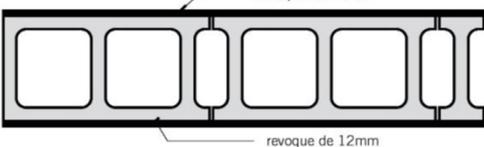
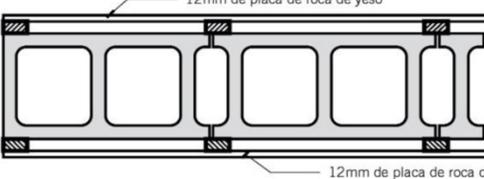
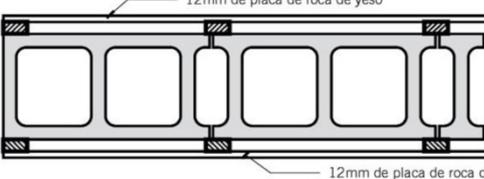
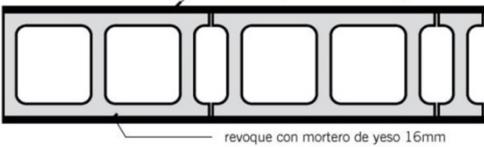
STL es la disminución o atenuación en la energía de sonido, en dB, del sonido propagado por el aire cuando pasa a través de un muro. Se determina comparando los valores de pérdida de transmisión de sonido (STL) a diferentes frecuencias en un contorno estándar. La pérdida por transmisión a través de la barrera es controlada por el material de la barrera, y por la eliminación de agujeros y otras aberturas. Las aberturas grandes implican que el sonido se transmitirá directamente a través de la misma hacia el receptor, mientras que los agujeros pequeños causan un efecto de amplificación del sonido.

Estudio de Clase de Transmisión del Sonido (STC)

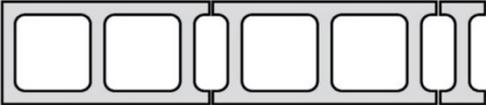
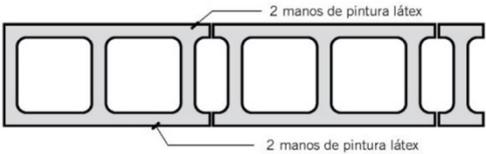
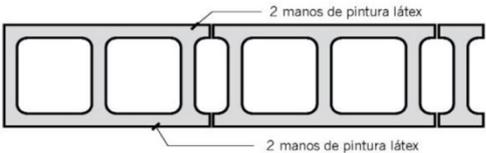
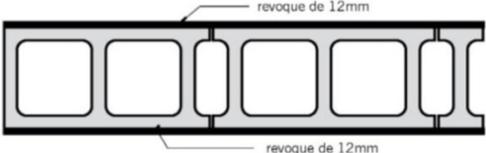
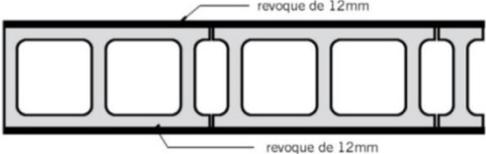
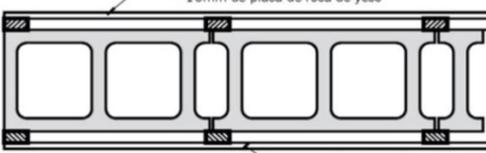
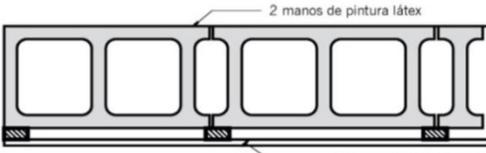
En el año 1978, la Portland Cement Association realizó un estudio sobre distintos tipos de muros con el fin de comparar las clases de transmisión del sonido (STC) para cada uno de ellos.

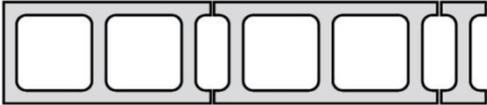
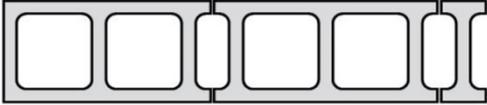
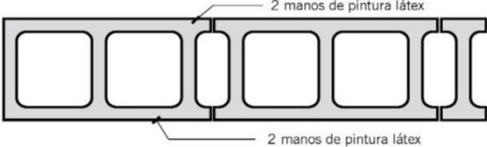
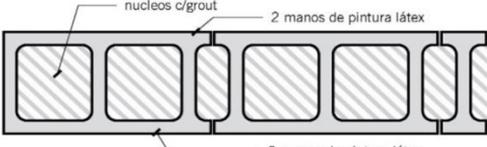
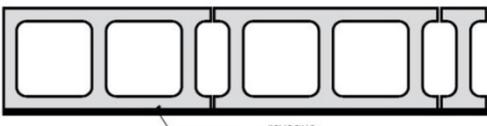
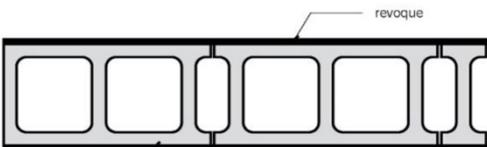
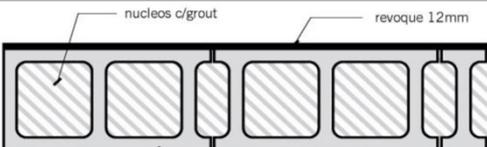
Tabla A2.1 - Clase de transmisión del sonido para muros de bloques de hormigón.
(Adaptado de Portland Cement Association-1978)

Descripción del muro		Construcción del muro	Peso aproximado del muro (kg/m ²)	STC Medido (dB)
Lado 1	Lado 2			
BLOQUES LIVIANOS				
Muros de bloques de hormigón liviano de 200 mm de espesor nominal				
Muro visto	Simple		156,2	44
Muro visto	2 manos de pintura látex		156,2	48
Muro visto	Cámara de aire de 25,4 mm, más placa de metal de 41,3 mm con clavos con lana mineral de 38,1 mm (64,1 kg/m ³), más panel de yeso de 12 mm		170,9	59
Perfil vertical de madera de escuadría 50,8 mm x 50,8 mm cada 60 cm, más perfiles metálicos horizontales cada 45 cm, más lana mineral de 38,1 mm (64,1 kg/m ³), más placa de roca de yeso de 12 mm	Perfiles verticales de madera de escuadría 25,4 mm x 50,8 mm cada 40 cm, más placa de roca de yeso de 12 mm		185,5	57
Perfil vertical de madera de escuadría 50,8 mm x 50,8 mm cada 60 cm, más perfiles metálicos horizontales cada 45 cm, más lana mineral de 38,1 mm (64,1 kg/m ³), más placa de roca de yeso de 12 mm	Muro visto		-	58
Muro visto, con núcleos interiores rellenos con grout	2 manos de pintura látex		434,5	56

Descripción del muro		Construcción del muro	Peso aproximado del muro (kg/m ²)	STC Medido (dB)
Lado 1	Lado 2			
BLOQUES NORMALES				
Muros de bloques de hormigón de 101,6 mm de espesor nominal				
Muro visto	Muro Visto		87,9	40
Muro visto	Muro Visto		131,8	45
2 manos de pintura látex	2 manos de pintura látex		170,9	59
Revoque de 12 mm	Revoque de 12 mm		146,5	48
Revoque de 12 mm	Revoque de 12 mm		205,1	50
Placa de yeso de 12 mm	Placa de yeso de 12 mm		126,9	47
Placa de yeso de 12 mm	Placa de yeso de 12 mm		156,2	48
Revoque con mortero de yeso de 16 mm	Revoque con mortero de yeso de 16 mm		175,8	46

#Anexo 2| Barreras Sónicas

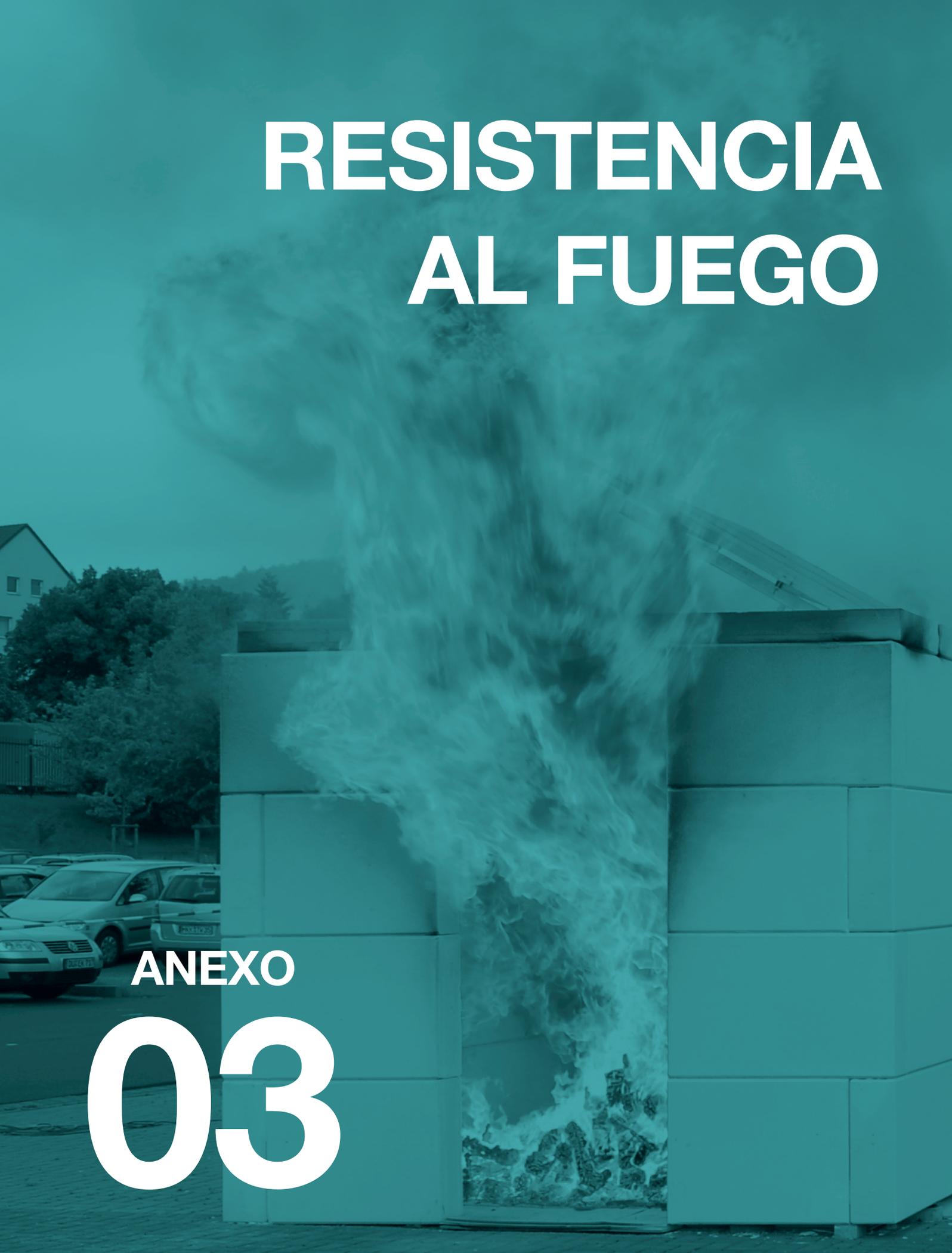
Descripción del muro		Construcción del muro	Peso aproximado del muro (kg/m ²)	STC Medido (dB)
Lado 1	Lado 2			
Muros de bloques de hormigón de 152 mm de espesor nominal				
Muro visto	Muro visto		102,5	44
2 manos de pintura látex	2 manos de pintura látex		136,7	46
2 manos de pintura látex	2 manos de pintura látex		190,4	48
Revoque de 12 mm	Revoque de 12 mm		151,3	46
Revoque de 12 mm	Revoque de 12 mm		263,6	52
Placa de yeso de 16 mm	Placa de yeso de 16 mm		170,9	49
Placa de yeso de 12 mm	2 manos de pintura látex		131,8	53

Descripción del muro		Construcción del muro	Peso aproximado del muro (kg/m ²)	STC Medido (dB)
Lado 1	Lado 2			
Muros de bloques de hormigón de 200 mm de espesor nominal				
Muro visto	Muro visto		146,5	45
Muro visto	Muro visto		258,8	52
2 manos de pintura látex	2 manos de pintura látex		146,5	46
2 manos de pintura látex, núcleos con grout y reforzados	2 manos de pintura látex, núcleos con grout y reforzados		356,4	55
Revoque	Muro visto		185,5	52
Revoque	Revoque		327,1	56
Revoque, núcleos con grout y reforzados	Revoque, núcleos con grout y reforzados		385,7	56

RESISTENCIA AL FUEGO

ANEXO

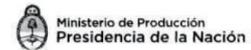
03



3. Ensayo de resistencia al fuego de la mampostería de bloques de hormigón

Debido a la importancia que tiene esta propiedad de la mampostería de bloques de hormigón, la AABH encargó al INTI el ensayo de resistencia al fuego de un muro construido con estos mampuestos de calidad estándar (IRAM 11561-3), el que estaba sólidamente relleno con hormigón en todos sus huecos. Luego de ser expuesto al quemador y

siguiendo el proceso de ensayo de la Norma IRAM correspondiente, el muro resistió más de cuatro horas (FR 240) sin perder su integridad ni transmitir un excesivo calor en su cara opuesta a la de la aplicación de la llama. Inclusive el ensayo tuvo que ser interrumpido para evitar que el equipo sufriera las consecuencias de tanto calor por tanto tiempo. Más abajo se incluye el informe del INTI del resultado del ensayo realizado en 2017, que ratifica fehacientemente que un muro de hormigón es una barrera antifuego que resiste incólume más de 4 horas continuas de exposición directa del fuego.



Informe de Ensayo

OT N°101 -26512 Único
Página 3 de 17

Conclusiones

De los datos obtenidos en el ensayo efectuado y de conformidad a la Norma IRAM 11950, se concluye que en las condiciones de ensayo descritas en este informe y para la muestra especificada se obtuvieron los resultados expuestos a continuación:

- INTEGRIDAD 241 MINUTOS
- AISLAMIENTO TÉRMICO 241 MINUTOS

Por lo tanto, de acuerdo a la Norma IRAM 11949 y a los datos obtenidos en el ensayo efectuado, se ha obtenido la siguiente **CLASIFICACIÓN**:

Muro de Bloques portantes de Hormigón 20x20x40"	
RESISTENTE AL FUEGO	240 MINUTOS
FR 240	
O.T.: 26512	25/09/2017

M.M.O. JAVIER ALVAREZ
U.T. TECNOLOGIA EN INCENDIOS
INTI-CONSTRUCCIONES

Arq. BASILIO HASAPON
COORDINADOR
U.T. TECNOLOGIA EN INCENDIOS
INTI-CONSTRUCCIONES

Ing. VICENTE L. VOLANTINO
DIRECCION
INTI-CONSTRUCCIONES

Nota: Debido a la naturaleza de los ensayos de comportamiento al fuego y la consecuente dificultad de cuantificar la incertidumbre de la medida de la resistencia al fuego, no es posible aportar un grado conocido de exactitud en el resultado.

Nota 1: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida, e INTI-CONSTRUCCIONES declina toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

CS

Informe de Ensayo

OT N°101 -26512 Único
Página 1 de 17

Fecha de Informe: 25/09/2017

Solicitante

ASOCIACIÓN ARGENTINA DEL BLOQUE DE HORMIGÓN

Av. Vélez Sarsfield 56- 3°B (5000) Córdoba. Pcia. de Córdoba

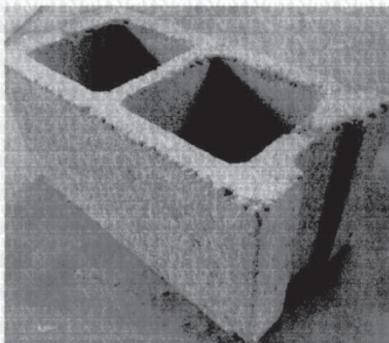
El presente informe técnico se compone de dos partes:

- *Cuerpo principal (Páginas de 1 a 3)*
 - *Anexos (Páginas de 4 a 17): A1 (Ubicación de los termopares); A2 (Curva interior del horno); A3 (Curva de temperaturas exteriores); A4 (Registro fotográfico) y A5 (Memoria técnica)**
- *El INTI acepta que el solicitante del ensayo no entregue copias del Anexo 5 a terceros por contener información confidencial perteneciente a la empresa, queda a criterio de dicha empresa la divulgación de este anexo.*

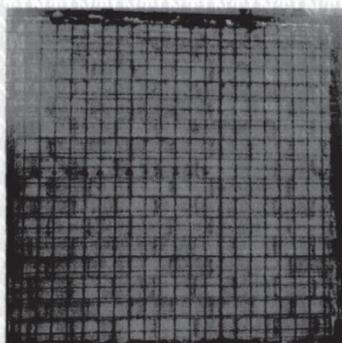
Elemento

Un muro compuesto por bloques huecos de hormigón (marca Corceblock) colado sólidamente con hormigón de relleno. El mortero de junta está compuesto por una parte de cemento Portland y tres partes de arena. Las dimensiones del bloque son: 200mm de alto, 200mm de ancho y 400mm de largo.

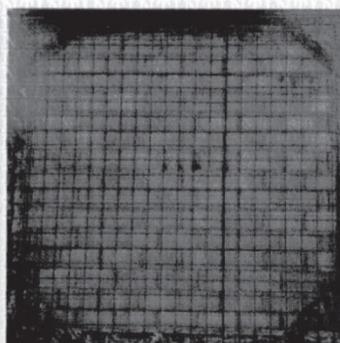
El muro fue denominado por el solicitante como:
Hormigón 20x20x40"

Muro de Bloques portantes de

Vista del bloque



Cara expuesta al fuego



Cara no expuesta al fuego

Determinaciones requeridas

Determinación y clasificación de la Resistencia al fuego

Fecha de Recepción

13 de Junio de 2017

Fecha de finalización de montaje

12 de Julio de 2017

Fecha de ensayo

30 de Agosto de 2017.

CS

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del INTI. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y su Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

www.inti.gov.ar
consultas@inti.gov.ar
0800 444 4004
Facebook/INTI
Twitter @INTIArgentina

Sede Parque Tecnológico Miguelete

Avenida General Paz 5445
Casilla de Correo 157
B1650WAB San Martín,
Prov. de Buenos Aires, República Argentina
Teléfono (54 11) 4724 6350
E-mail construcciones@inti.gov.ar

Informe de Ensayo

OT N°101 -26512 Único
Página 2 de 17

Lugar de Ensayo

Laboratorio de Resistencia al Fuego- Edificio 32. INTI- Construcciones (Parque Tecnológico Miguelete).

Responsable del Ensayo

MMO Nicolás Molina

Metodología empleada

El ensayo se realizó de acuerdo a las indicaciones de la Norma IRAM 11950: 2010 (Resistencia al fuego de los elementos de la construcción - Método de ensayo) y la clasificación se realizó de acuerdo a las indicaciones de la Norma IRAM 11949: 2014.

La superficie ensayada de la muestra fue de 3m x 3m.

La muestra fue montada por personal contratado por la empresa solicitante.

El muro se evaluó como un cerramiento simple sin estado de carga.

Resultados

La temperatura ambiente al comenzar el ensayo era de 10° C.

El programa térmico obtenido y que está dentro de las tolerancias descritas por la norma, se da en el ANEXO 2, adjunto al presente informe y que forma parte del mismo.

I. Integridad

No se detectó, en la muestra pérdida de la integridad durante el tiempo de realización del ensayo, dando negativo las comprobaciones realizadas con el pad de algodón.

II. Aislamiento térmico

Las temperaturas de la cara no expuesta se han registrado en los puntos indicados en el croquis del ANEXO1, adjunto al presente informe y que forma parte del mismo.

Las curvas de evolución de la temperatura puntual y promedio en la cara no expuesta del muro se dan en el ANEXO3, adjunto al presente informe y que forma parte del mismo.

Se han utilizado termopares de Hierro - Constantán (Tipo J).

- **Temperatura media de la cara no expuesta**

En la muestra no se alcanzó la temperatura media límite de 140°C + To (To = Temperatura ambiente) durante el tiempo de realización del ensayo.

La temperatura media corresponde al promedio de la temperatura registrada en los cinco termopares situados en el panel de acuerdo a la norma de referencia. (Para el muro corresponde al promedio de las temperaturas registradas en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6).

- **Temperatura máxima de la cara no expuesta**

En la muestra no se alcanzó la temperatura puntual límite de 180° + To (To = Temperatura ambiente) durante el tiempo de realización del ensayo.

Observaciones

- En el minuto 241 desde el comienzo el ensayo y de común acuerdo con el solicitante se da por finalizado el mismo.

CS

3.1 Ensayo de Caja Caliente para mampostería de BH

La experiencia en obra, tanto en Argentina como en otros países, indica que una de las formas más prácticas para aumentar la resistencia térmica de una pared construida con bloques de hormigón de dos cámaras (huecos verticales) y de peso normal (alrededor de 15 kg) es "colar" poliestireno expandido (PEE) molido (perlitas de Telgopor®) en los huecos que resultan dentro del mismo. De esta forma se obtiene un elemento que cumple con cuatro funciones simultáneas: cierre del ambiente, estructura, textura y aislación térmica incorporada.

La operación de relleno se realiza en obra a medida que se van levantando las diferentes hiladas, pudiendo utilizar un caño de PVC con forma de "Y"

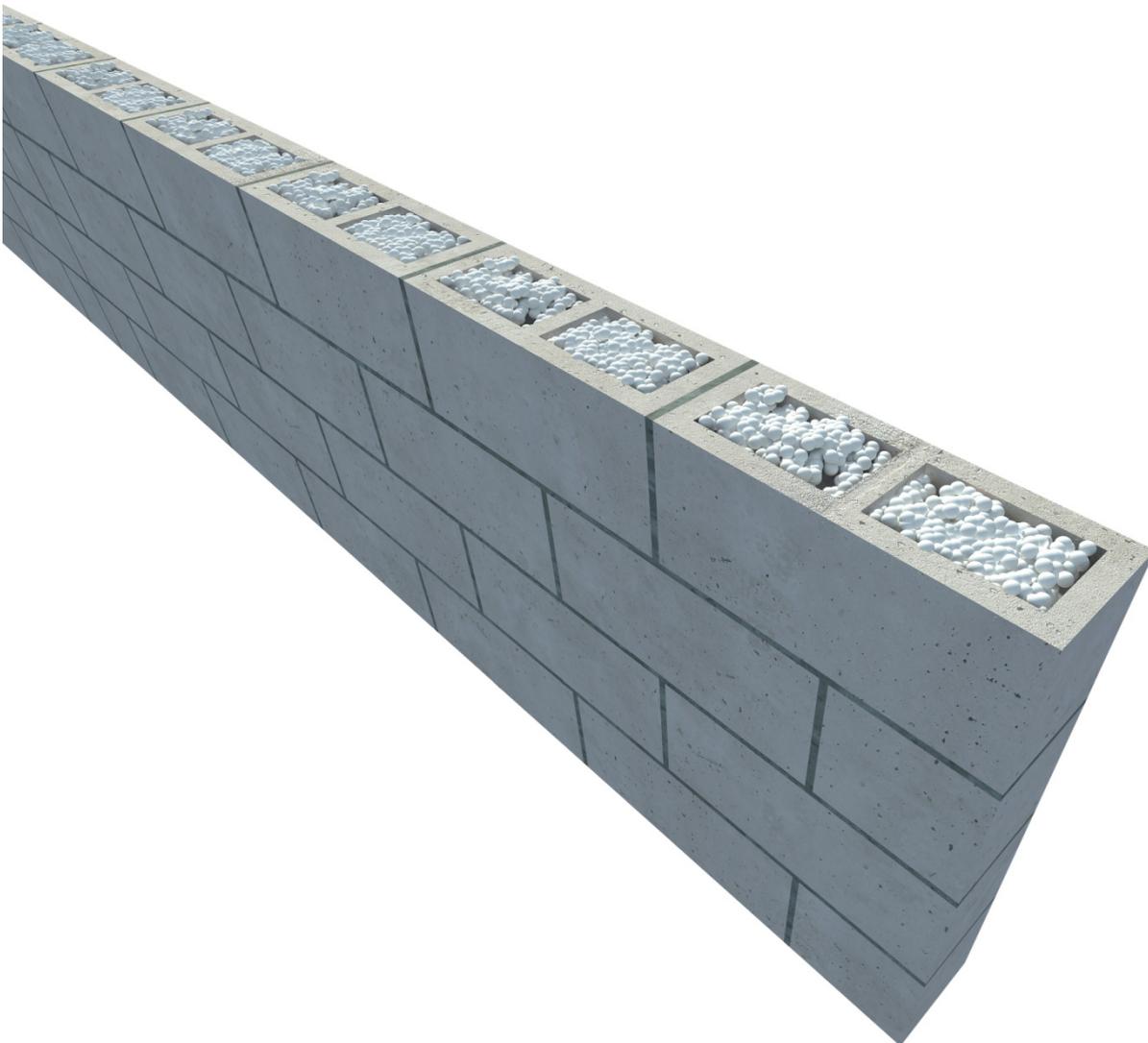
(ramal Y), el que permite el libre escurrir del PEE en los huecos verticales mientras el aire contenido en los huecos escapa al exterior por el ramal abierto.

La AABH encargó el ensayo de una pared de **BH** con sus huecos rellenos con este material con sus caras internas y externas revocadas de la misma forma que se realiza comúnmente en las viviendas tipo FONAVI (Revoque exterior: azotado impermeable más revoque grueso y fino. Revoque interior: fino únicamente).

Realizado el ensayo se obtuvo un valor de transmitancia térmica K igual a 1,74 W/m² °C, valor

inferior al exigido por la Norma IRAM 11605 (1,85 W/m² °C) para muros en invierno, con una temperatura exterior de diseño mayor o igual a 0 °C.

Probeta de bloques rellena completamente con poliestireno expandido molido





Instituto Nacional
de Tecnología Industrial



Centro de Investigación y
Desarrollo en Construcciones

■ Premio Nacional a la Calidad 1999
■ Organismo Certificado ISO 9002

INFORME DE ENSAYO

Solicitante: ASOCIACION ARGENTINA DEL BLOQUE DE HORMIGON	O.T. N° 101/7796
Domicilio: Av. Vélez Sarsfield 56 Córdoba- Pcia. Córdoba	Página 1 de 2
	Fecha: 06 de octubre de 2003
	Informe : Único

OBJETIVO.

Determinación de transmitancia térmica.

MATERIAL.

Una (1) Pared de 2,30 m de alto por 2,40 m de ancho por 0,21 m de espesor, de bloques de hormigón ($\rho = 1950\text{kg/m}^3$) de 0,19 m x 0,39 m x 0,19m de espesor, con dos cámaras de aire pasantes rellenas con copos de poliestireno expandido, con juntas horizontales y verticales, revocados en ambas caras. En la Foto N° 1 se muestra el muro ensayado, mientras que en las Fotos N° 2 y 3 se observa el bloque de hormigón



Foto N° 1



Foto N° 2



Foto N° 3

MÉTODO EMPLEADO.

El método de medición utilizado sigue los lineamientos establecidos en las Normas **ISO 8990** (Thermal Insulation - Determination of Steady-State Thermal Transmission Properties - Calibrated and Guarded Hot Box), **ASTM C-236** (Standard Test Method for Steady-State Thermal Performance of Building Assemblies by Means of a Guarded Hot Box) e **IRAM N° 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)

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El INTI y el CECON declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe. Está prohibida la reproducción parcial del mismo.

Av. Gral. Paz es/Albarelos y Av. de los Constituyentes - Parque Tecnológico Miguelote (Edificio 33)- B1650MNA
C.C. 157-B1650WAB San Martín, Prov. de Buenos Aires - ARGENTINA
Teléfono: (54-11) 4753-5784 / 4754-4065 • Correo: 4724-6200/6300/6400 • Int. 6463/6500 • e-mail: cecon@inti.gov.ar



Solicitante: ASOCIACION ARGENTINA DEL
BLOQUE DE HORMIGON

O.T. N° 101/7796

Página 2 de 2

Domicilio: Av. Vélez Sarsfield 56
Córdoba- Pcia. Córdoba

Fecha: 06 de octubre de 2003

Informe : Único

Condiciones de Ensayo:

El muro de bloques de hormigón ($\rho = 1950 \text{ kg/m}^3$) con dos cámaras de aire pasantes rellenas con copos de poliestireno expandido, con juntas horizontales y verticales, revocados en ambas caras, a ensayar, se lo dejó aclimatar naturalmente en las condiciones higrotérmicas del laboratorio, hasta que logró una condición de equilibrio con el ambiente, luego se procedió a su montaje en el sistema de medición para determinar el valor de transmitancia térmica



Peso de la probeta	1320 kg \pm 1kg
Orientación de la probeta	Vertical
Dirección de la transferencia de calor principal.....	Horizontal
Velocidad del aire del lado caliente (Ascendente)	3,3 m/s
Velocidad del aire del lado frío (Descendente)	5,0 m/s
Superficie sobre la que se efectuó la medición	1 m ² .

RESULTADOS OBTENIDOS:

Del ensayo efectuado se obtuvieron los siguientes valores:

Duración del ensayo	240 horas
Temperatura del aire de la caja caliente	43,8°C \pm 0,1 °C
Temperatura del aire de la caja fría	4,0°C \pm 0,1 °C
Temperatura superficial del lado caliente.....	40,3C \pm 0,1 °C
Temperatura superficial del lado frío.....	10,4°C \pm 0,1 °C
Temperatura ambiental del lado caliente (Tn)	43,2°C
Temperatura ambiental del lado frío (Tn)	4,8°C
Potencia Total de entregada (Qp)	75,3 W
Transferencia de calor neta a través de la probeta (Q1)	74,2 W
Conductancia térmica (C).....	2,49W/m ² K
Resistencia térmica (superficie - superficie) (R=1/C)	0,40 m ² K / W

Considerando los coeficientes de convección aparentes normalizados **7,69W/m² K** para interior y **25 W/m² K** para exterior, el valor de transmitancia térmica resultó ser:

$$K = 1,74 \text{ W/m}^2 \text{ K} \pm 5\%$$

OBSERVACIONES :

La temperatura ambiente promedio del laboratorio de ensayo fue de 20,2°C \pm 0,1°C.

O. T. Único

Ing. Jorge Cornejo
Téc. Víctor Moruga

Ing. Vicente L. Volantino
Coordinador de UT Habitabilidad Higrotérmica
CECON

Ing. R. LEONARDO GHECMAREV
DIRECTOR TÉCNICO
CECON

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida, el INTI y el CECOM declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe. Está prohibida la reproducción parcial del mismo.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE AGUA ENSAYO ASTM E514

ANEXO

04

4. Antecedentes de ensayo de resistencia a la penetración de agua y filtraciones de la mampostería de BH según el método de la norma ASTM E514

4.1 Introducción al método de ensayo ASTM E514

Este ensayo tiene por objetivo determinar el comportamiento del muro de albañilería frente a la acción del agua, teniendo en cuenta cuatro variables principales: calidad de material, capa protectora, diseño del muro y mano de obra.

Las condiciones ambientales de laboratorio, en cuanto a temperatura deben ser mantenidas en $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa no debe ser menor al 30 % ni mayor al 80 %.

Es importante destacar que, si bien el ensayo tiene la característica de poder ser aplicado para el control en obra, debe tenerse en cuenta que el comportamiento del mismo en obra puede ser influenciado por variables ajenas al material (desplazamientos estructurales, cambios térmicos etc).

Por esta razón, en caso de que el ensayo sea aplicado in-situ, es necesario tener en cuenta estos factores en forma cualitativa para poder evaluar los resultados de ensayo.

4.1.1 Condiciones de ensayo

- Los materiales para la construcción del muro a ensayar deben ser representativos de los materiales a utilizar en obra. Además, todos los materiales deben estar en el laboratorio por un período no inferior a cinco días, a fin de que las condiciones de los mismos sean estables.
- La superficie del muro a ensayar debe ser, como mínimo, de 1 m^2 más $0,20\text{ m}$ excedentes por cada uno de sus lados.
- El método y la mano de obra usada para la construcción del muro debe ser representativa de la construcción en obra.
- El número de muros a ensayar, por norma, es de tres. como mínimo.

- El muro, una vez construido, debe ser cubierto en todas sus caras con plástico durante siete días para su curado. Luego de esto se debe retirar el plástico y volver a colocarlo nuevamente durante otros siete días más. Durante todo este tiempo, la atmósfera del laboratorio debe mantenerse en las condiciones antes mencionadas.
- El muro puede ser re-ensayado 28 días después de que se haya ensayado por última vez.

4.1.2 Equipamiento requerido

Equipamiento para el ensayo ASTM E-514



1) Cámara de ensayo:

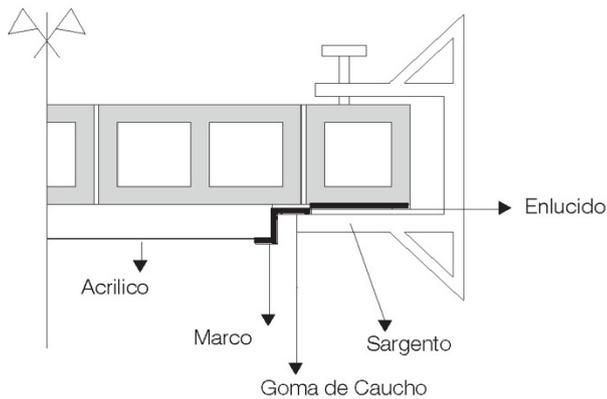
La cámara propiamente dicha consiste en un marco rígido de chapa plegada adosado al muro, con sus superficies de contacto impermeabilizadas con sellador de siliconas, para asegurar un perfecto contacto en todas las irregularidades que presente la superficie del muro. El frente del marco es luego cubierto con una tapa de acrílico transparente abulonada y sellada contra el marco.

El marco encierra un área de $1,08\text{ m}^2$, siendo sus medidas de $0,90\text{ m}$ de ancho por $1,20\text{ m}$ de alto.

Dentro de la cámara se encuentran: un tubo aspersor de agua; el drenaje de salida para desagotar el agua que no absorba el muro; la entrada de aire a presión y la conexión del manómetro para la medición y control de la presión dentro de la cámara.

La cámara completa es fijada sobre el muro mediante cinco prensas "F" (sargentos).

Detalle marco muro



El tubo aspersionador está ubicado a 75 mm por debajo del borde superior del marco y consta de un caño de Polipropileno bicapa $\phi \frac{3}{4}$ " de 90 cm de largo, con perforaciones de $\phi 1$ mm, espaciadas cada 25 mm en toda su longitud. Estos agujeros están en posición horizontal, dirigidos contra la cara del muro.

La alimentación de agua se hace con un caudal controlado desde el tanque regulador.

2) Tanque regulador:

Cumple con la función de mantener constante la altura piezométrica respecto al tubo aspersionador para lograr un caudal constante, ya que éste es función de la altura piezométrica H , de acuerdo a la fórmula:

$$Q = (1/2 \times g \times H + \text{Pérdidas})$$

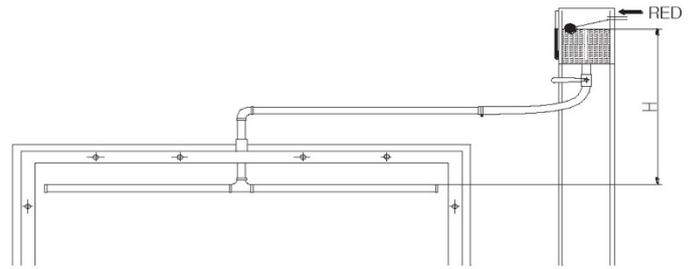
El caudal a suministrar durante el ensayo es de 2,48 l/min.

Para asegurar un nivel constante de agua dentro del tanque, éste cuenta con un flotante dentro del mismo, lo que permite eliminar cualquier posible variación de la presión de entrada del agua de la red.

La calibración de la altura piezométrica se realizó empíricamente, colocando un plástico impermeable entre el muro y la cámara, para evitar filtraciones a través de éste y recolectando el total de agua en un intervalo de tiempo determinado.

Pudo establecerse entonces que, para obtener el caudal requerido, el valor de H necesario en el equipo era de 470 mm.

Croquis Altura de Carga

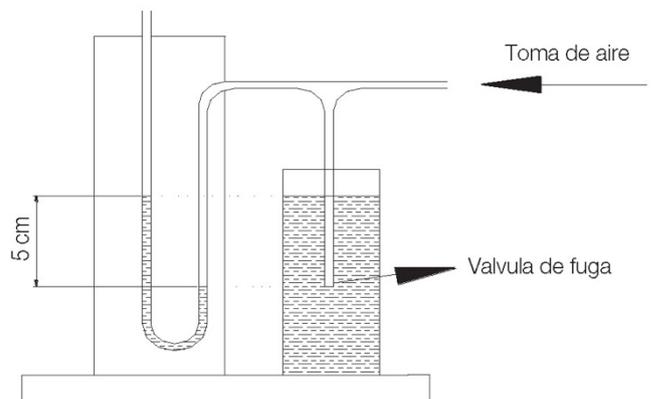


3) Regulador de presión:

Toda vez que la penetración de agua y/o filtraciones a través de la mampostería son afectadas significativamente por la presión dentro de la cámara, es muy importante que durante el ensayo sea posible asegurar una presión constante.

A fin de absorber las eventuales sobre-presiones generadas por las variaciones en el caudal de aire suministrado por el compresor, se construyó un dispositivo regulador de presión consistente en un manómetro y un vaso de nivel, con sus correspondientes conexiones tal como se muestra en el siguiente esquema.

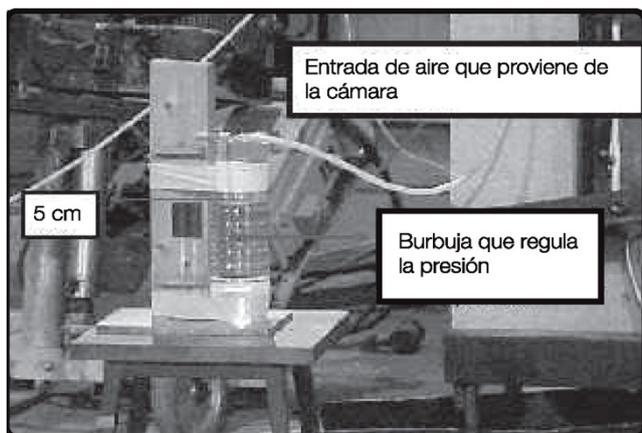
Regulador de presión



El manómetro está construido con un tubo capilar de vidrio en forma de "U", que permite controlar la presión de trabajo dentro de la cámara, la que debe mantenerse en 500 Pa, ya que esta presión equivale a una diferencia de alturas entre las columnas de agua de 5 cm.

La compensación de las sobrepresiones originadas por las variaciones del caudal de aire suministrado por el compresor es realizada por el vaso de nivel.

El conjunto completo del sistema de regulación de presión utilizado puede visualizarse en la siguiente foto.



4) Rejilla y canal colector:

Esta rejilla tiene por objetivo dar apoyo a la base del muro elevado, pero permitiendo recolectar el agua filtrada a través del muro mediante un canal colector ubicado debajo, el que drena el agua recolectada en un recipiente para su posterior medición.

5) Compresor de aire:

Se precisa disponer de un compresor de aire de 1,5 HP y con una presión máxima de 8 bar, el que se conecta con la cámara de ensayo por medio de una manguera, para lograr una presión constante de 500 Pa dentro de la cámara.

4.1.3 Procedimiento de ensayo

Montar la cámara de ensayo sobre el muro de manera firme.

- Asegurar la estanqueidad del sello entre el muro y la cámara de prueba.
- Ajustar el caudal de agua a aplicar en 138 l/m² de muro por hora.
- Simultáneamente a la aplicación del agua, someter la cámara a una presión constante de 500 Pa.
- Mantener estas condiciones de agua y aire por lo menos durante 4 horas.

Observaciones y registros:

Durante las cuatro horas del ensayo se deben realizar las siguientes observaciones, a intervalos de 30 minutos:

- Tiempo transcurrido hasta aparecer la primera mancha de humedad en la parte posterior del muro.

- Tiempo transcurrido hasta aparecer el primer indicio visible de agua en la parte inferior del muro.
- Evolución del área de humedad en la parte posterior del muro durante las 4 horas del ensayo, expresada en porcentaje del área ensayada
- Total de agua recolectada cada 15 minutos y durante las 4 horas de ensayo.

4.2 Implementación del método de ensayo en el Laboratorio de Estructuras de la UNC

En una primera etapa se construyeron dos muros donde la variable constructiva fue el tratamiento superficial. En una segunda etapa se construyeron tres muros más, donde las variables fueron las características del bloque y del mortero de asiento.

Descripción de los muros construidos:

Muro N° 1:

Portante, espesor 19 cm, junta de mortero tipo N, sin tratamiento superficial.

Nota: El muro N°1 fue reensayado posteriormente con un tratamiento superficial de revoque plástico.

Muro N° 2:

Portante, espesor 19 cm, junta de mortero tipo N con revoque: Azotado 1:3 con aditivo mas Jaharro ¼, 1, 3 mas Enlucido 1/8, 1, 3.

Muro N° 3:

Portante, espesor 19 cm, junta de mortero tipo N, sin tratamiento superficial.

Muro N° 4:

Portante, espesor 19 cm, junta de mortero con aditivo en agua de amasado, sin tratamiento superficial.

Muro N° 5:

Portante, espesor 19 cm, junta de mortero con aditivo en agua de amasado, con bloques denominados hidro-repelentes. Estos bloques contienen un aditivo tensioactivo que aumenta la tensión superficial impidiendo el ingreso del agua al mismo.

Todos los muros se ensayaron con más de 28 días de edad desde su construcción, considerando también el tiempo de curado de la o las aplicaciones superficiales según las recomendaciones del fabricante.

La construcción de los muros se realizó según los siguientes lineamientos:

Mortero de asiento

- Preparación de la mezcla, mortero tipo N (según norma IRAM 11583) o de resistencia normal.
- Dosificación empírica 1:1:6 (Cemento : cal : arena fina).
- Cada fila o hilada de bloques fue levantada con mortero en sus juntas longitudinales y verticales (ver foto)

Asentado de los BH



Cada hilada fue nivelada en sentido horizontal y aplomada verticalmente los extremos para lograr una superficie rectangular como lo indica la foto.

La alineación se logró mediante reglas fijas y calandro, por el lado opuesto a la ubicación del operario.



Se verificó que las cavidades internas de los bloques presenten uniformidad vertical después de su colocación.

Verificación del alineado interior



Las juntas de mortero fueron rehundidas con junteador para evitar micro-fisuras y asegurar el confinamiento del mortero.



Una vez rehundidas las juntas, se pincelaron las mismas para uniformizarlas, eliminando los pequeños poros remanentes.

Pincelado de las juntas



En condiciones de mucho calor o baja humedad ambiente las juntas deberán curarse, pincelándolas con agua.

Al finalizar la construcción del muro se cubrió durante 7 días para evitar un secado brusco, luego se aireó y se cubrió nuevamente durante otros 7 días.

Para los muros ensayados con tratamientos superficiales, los mismos se realizaron posteriormente a los 14 días de edad pero, en el caso de los muros revocados, éste se realizó a los 7 días de edad.

Luego se continuó el proceso de curado como se indicó anteriormente.

Al finalizar el tiempo de curado el muro debe permanecer al aire y temperatura ambiente hasta completar la edad de ensayo.

La reutilización de muros ya ensayados (repetición de mediciones) sólo puede realizarse luego de 28 días del ensayo anterior, previo secado al aire a temperatura ambiente.

4.2.2 Ensayos

Una vez colocado y asegurado el equipo sobre el muro y conectados todos los elementos necesarios para suministrar agua y aire comprimido, se dio comienzo al ensayo.

Las mediciones realizadas durante el mismo fueron:

- Hora de inicio
- Temperatura y humedad ambiente (durante todo el ensayo).

- Tiempo de aparición de la primera gota de agua filtrada en el muro y recolectada por el conducto colector inferior al muro.
- Agua recolectada cada 15 minutos en el recipiente colector.
- Tiempo de aparición de la primera mancha de humedad en la cara posterior del muro y superficie de las mismas cada 15 minutos.
- Agua total recolectada en 4 horas de tiempo de ensayo.
- Observaciones varias, como por ejemplo el crecimiento progresivo de las manchas internas en los tabiques de los bloques, observado desde la cara superior del muro.

4.2.3 Resultados

Los informes de cada ensayo incluyeron los siguientes datos:

- Descripción de todos los materiales utilizados para la construcción del muro, incluyendo la composición del mortero usado.
- Descripción del diseño del muro ensayado y detalles de construcción, incluyendo fotografías o dibujos en caso de ser necesario.
- Descripción detallada de la calidad de la mano de obra usada para la construcción del muro.
- Condiciones de ensayo.
- Observaciones y anotaciones.

Resumen de las características de los muretes ensayados:

Nº de Muro	1	2	3	4	5
Tratamiento	Sin tratamiento Superficial.	Azotado: (1:3)	Sin tratamiento Superficial.	NO-SI BH Normal con aditivo en mortero de juntas	SI-SI BH hidrorrepelentes con aditivo en mortero de juntas
	Con revoque plástico.	Jaharro (1/4,1,3)			
		Enlucido (1/8,1,3)			

Resumen de los resultados para los distintos muros:

N° de muretes	Fecha	A1	A2	Area de humedad en la parte posterior del muro expresada en porcentajes del area ensayada.								A3 (Litros)
		(Minutos)		0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	
N° 1	3-mar-03	41	8	0,12	0,27	0,59	1,3	3	5	0	0	10
N° 1	28-may-03	No apareció	No apareció	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° 2	4-jul-03	No apareció	No apareció	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° 3	24-abr-03	20	2	4,4	9,9	14,12	18,8	22,2	29,4	37,35	46,36	29,7
N° 4	20-ago-03	40	3 1/2	0	0,04	0,8	2,89	4,2	6,81	8,31	9,92	20,4
N° 5	26-ago-03	20	5	0,9	2,81	3,16	3,44	4,3	4,45	5,31	5,46	68
N° 6	11-feb-04	No apareció	No apareció	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° 7	13-feb-04	No apareció	No apareció	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° 8	09-ago-04	2,20	No apareció	0	0	0	0	0,19	0,25	0,38	0,12	0

Referencias

A1) Tiempo transcurrido en aparecer la primer mancha de humedad en la parte posterior del muro

A2) Tiempo transcurrido en aparecer la primer agua visible en la bandeja recolectora.

A3) Agua recolectada durante las cuatro horas de ensayo.

Con posterioridad a los ensayos cuyos resultados se transcribieron precedentemente, los mismos muros fueron re-ensayados con distintos tipos de revoques y pinturas con resultados excelentes como puede apreciarse en las fotos siguientes

Muro 8

Muro tratado con pintura cementicia y aditivo
(Excelente comportamiento)



Muro (1 bis)

Muro con revoque plástico sometido a
ensayo (Penetración nula)



Muro 7

Revoque plástico con carga mineral
proyectado a presión



Evaluación de ensayos

Es importante destacar que el número de ensayos realizados para cada tipo de muros no es suficiente para hacer una evaluación fehaciente de los resultados obtenidos. Por lo tanto los enunciados siguientes son una primera aproximación del comportamiento de los muros frente a la acción de la lluvia y el viento.

A partir de los resultados obtenidos se podría enunciar lo siguiente:

1. Todos los muros de bloques de hormigón exteriores cualquiera sea el diseño deben llevar tratamiento superficial.
2. El muro tratado superficialmente con revoque plástico presenta un buen comportamiento. Se propone estudiar la vida útil del mismo repitiendo estos ensayos a 12 y 24 meses, dejando el muro a la intemperie.
3. El muro tratado superficialmente con revoque de albañilería según el pliego de la Dirección de Vivienda de Córdoba presentó un buen comportamiento.
4. El muro construido con bloques convencionales y mortero de asiento aditivado presentó un mejor comportamiento que el muro con mortero sin aditivo, disminuyendo en gran medida tanto del agua recolectada como del porcentaje de humedad en la cara posterior del muro. Lo que permitiría confirmar que gran parte del agua pasa a través de las juntas.
5. El muro construido con bloque hidrorrepelente y mortero aditivado, a pesar de haber desarrollado el menor porcentaje de humedad en la cara posterior del mismo, permitió el paso

de una mayor cantidad de agua a través de la cara expuesta. Esto permite inferir que el hecho de ser el bloque hidrorrepelente impide la formación del puente hidráulico entre bloque y mortero, generando fisuras en las juntas que permiten el paso del agua por falta de adherencia.

6. El muro construido con bloque convencionales y mortero convencional, con un tratamiento superficial a través de una pintura hidrorrepelente (Sikaguard 700 s impregnación hidrorrepelente incolora, en base a siloxanos, cuya densidad es de 0,8 kg/l.) presenta un buen comportamiento inicial, pero es necesario verificar su rendimiento en el tiempo.
7. El muro construido con bloques convencionales y mortero convencional, con un tratamiento superficial a través de un revoque plástico se comportó excelentemente.
8. El muro construido con bloque convencionales y mortero convencional, con un tratamiento superficial a través de una pintura cementicia con tacurú ($\frac{1}{2}$ litro de tacurú en $6 \frac{1}{2}$ de agua por cada 5 kg de material) también presentó un buen comportamiento aunque es muy impotente una cuidadosa aplicación para tapar todos los poros.

SIMULACIÓN ENERGÉTICA

ANEXO

05

5. Estudio sobre consumo energético para acondicionamiento térmico en viviendas, con distintos sistemas constructivos

Introducción

En el año 2017, el Instituto del Cemento Portland Argentino encomendó al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) un estudio destinado a estimar la demanda energética para el acondicionamiento térmico (calefacción y refrigeración) de una vivienda de uso residencial, en base a la comparación de distintas alternativas para materializar sus muros mediante soluciones de base cemento. Este estudio profundizó análisis previos que habían sido concretados a través de análisis de similar alcance con otras entidades, al efecto de contar con antecedentes más amplios.

El análisis se efectuó mediante **simulación numérica** basada en algoritmos **DOE2 y BLAST**, evaluando el comportamiento térmico-energético de la vivienda, hora a hora, en 6 localizaciones del país seleccionadas de modo tal que cada sitio perteneciera a una zona bioambiental distinta, y considerando los registros históricos del clima de los últimos 20 años para cada una de ellas. Las localizaciones seleccionadas fueron:

- **Zona I:** Ciudad de Resistencia, Provincia del Chaco.
- **Zona II:** Ciudad de San Miguel de Tucumán, Provincia de Tucumán.
- **Zona III:** Ciudad de Córdoba, Provincia de Córdoba.
- **Zona IV:** Ciudad de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires.
- **Zona V:** Ciudad de Neuquén, Provincia de Neuquén.
- **Zona VI:** Ciudad de Ushuaia, Provincia de Tierra del Fuego.

En cada localización, la evaluación se efectuó en 4 orientaciones con variaciones entre sí de 90° (Norte / Sur / Este / Oeste). Asimismo, en cada caso se determinaron las demandas energéticas mensual y anual en cada localización y orientación, integrando posteriormente los resultados para obtener valores promedio.

Prototipo de vivienda e hipótesis de cálculo

El prototipo de vivienda considerado para el estudio fue el denominado “Pro.Cre.Ar – Modelo América”, correspondiente a una vivienda unifamiliar de 2 dormitorios, cocina, baño completo y toilette, con las siguientes características:

Superficie interior total	65,2 m ²
Altura promedio	2,60 m
Superficie de muros en envolventes	106,6 m ²
Superficie de cubierta	65,2 m ²
Perímetro de contacto con el suelo	40,6 m (lineal)

Tabla A5.1 – Características dimensionales del prototipo de vivienda



Figuras A5.1 y A5.2. Prototipo de vivienda Pro.Cre.Ar – Modelo América. Fuente: Programa Pro.Cre.Ar / Banco Hipotecario

Sistemas constructivos

Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones de borde:

- Factor de ocupación de la vivienda: 4 personas
- Ventilación: 15 m³/h por persona
- Temperaturas interiores de diseño: Invierno: 20 °C / Verano: 24 °C
- Ocupación: permanente

Los sistemas constructivos analizados fueron 6 y se presentan en la Tabla A5.2. Complementariamente a ellos, se realizó el mismo análisis de demanda específica de energía para una alternativa de construcción con una solución tradicional de mampostería cerámica de ladrillos huecos de 18 cm de espesor, como “caso” de referencia (sistema 1 de la Tabla A5.2) para la comparación de las prestaciones de los 6 restantes sistemas en evaluación.

Sistema		Composición (Desde cara exterior a la interior)
1	MAMPOSTERÍA DE LADRILLOS HUECOS CERÁMICOS	Revoque fino hidrófugo exterior (MCI: 1:3 + 10 %): 1 cm Revoque grueso exterior (MAR 1;1/2;1/2;6): 2 cm Mampostería cerámica de ladrillos huecos portantes: 18 cm Jaharro interior cementíceo (MHMR 1;1/4;2;1): 1,5 cm Enlucido de yeso interior
2	MAMPOSTERÍA DE BLOQUES DE HORMIGÓN	Revoque exterior termoaislante ($\lambda = 0,058 \text{ W/m}^2\text{K}$): 5 cm Muro de mampostería de bloques de hormigón: 19 cm Revoque interior termoaislante ($\lambda = 0,058 \text{ W/m}^2\text{K}$): 5 cm
3	MURO DE HORMIGÓN ARMADO CON AISLACIÓN EXTERIOR (EIFS)	Revestimiento cementíceo de terminación exterior: 0,3 cm Base-Coat c/Malla fibra de vidrio + Placa EPS 20 kg/m ³ (5 cm) + basecoat Muro de hormigón armado: 15 cm Revestimiento cementíceo de terminación interior: 0,3 cm
4	MAMPOSTERÍA DE BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR CURADO EN AUTOCLAVE	Revestimiento cementíceo de terminación exterior: 0,3 cm Mampostería de HCCA: 15 cm Revestimiento cementíceo de terminación interior: 0,3 cm
5	HORMIGÓN-EPS-HORMIGÓN	Revestimiento cementíceo de terminación exterior: 0,3 cm Mortero estructural: 3,5 cm Panel EPS: 8 cm Mortero estructural: 3,5 cm Revestimiento cementíceo de terminación interior: 0,3 cm
6	MURO DE HORMIGÓN CON DOBLE PIEL AISLANTE (ICF)	Revestimiento cementíceo de terminación exterior: 0,3 cm (sobre basecoat y malla fibra de vidrio) EPS (25 kg/m ³): 4 cm Hormigón: 4,5 cm EPS (25 kg/m ³): 4 cm Revestimiento cementíceo de terminación interior: 0,3 cm (sobre basecoat y malla fibra de vidrio)
7	MURO COMPUESTO DE HORMIGÓN ARMADO, MAMPOSTERÍA DE BLOQUES DE HORMIGÓN, Y CÁMARA DE AIRE	Revestimiento cementíceo de terminación exterior: 0,3 cm Muro de hormigón armado: 8,0 cm Placa de EPS 20 kg/m ³ : 6,0 cm Cámara de aire ventilada: 5,0 cm Mampostería de bloques de hormigón: 10,0 cm Revestimiento cementíceo de terminación interior: 0,3 cm

Figura A5.3. Alternativas analizadas

Sistema	Aislamiento térmico	Masa térmico	
	Transmitancia térmica K [W / m ² °K]	Peso del muro [kg/m ²]	Capacidad térmica interna kmi [kJ / m ² °K]
1	1,62	215	89
2	0,49	197	0 (*)
3	0,62	372	238
4	0,63	101	43
5	0,40	138	68
6	0,64	121	5 (*)
7	0,41	394	190

Tabla A5.2 Características de las alternativas analizadas

(*) La posición de la primera piel aislante en proximidad al ambiente interior reduce la capacidad térmica interior.

Resultados

Las tablas A5.3 y A5.4 muestran los resultados de demanda energética absoluta anual para localización, como promedio de las 4 orientaciones posibles, y el ahorro relativo con respecto al sistema 1 (Mampostería cerámica de ladrillos huecos portantes).

Ciudad	K [W / m ² °K]	Peso del muro [kg/m ²]	Resistencia		Tucumán		Córdoba		B Blanca		Neuquén		Ushuaia	
			I		II		III		IV		V		VI	
			Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.
1	1,62	215	683	12.46	680	680	1.636	6.598	4.099	5.376	5.622	5.544	24.19	-
2	0,49	197	421	10.88	375	8.421	1.048	5.930	2.842	4.790	3.993	4.756	17.48	-
3	0,62	372	465	11.37	409	8.850	1.086	6.452	3.082	5.036	4.207	5.287	19.25	-
4	0,63	101	524	11.40	468	9.037	1.247	6.332	3.207	5.151	4.498	5.225	19.88	-
5	0,40	138	459	11.08	406	8.775	1.094	6.319	2.954	4.976	4.061	5.144	18.29	-
6	0,64	121	449	11.03	389	8.788	1.032	6.477	2.993	4.940	4.171	5.028	18.67	-
7	0,40	394	421	11.12	368	8.649	1.032	6.138	2.943	4.879	4.046	5.046	18.60	-

Tabla A5.3. Demanda energética absoluta promedio (4 orientaciones: N-E-O-S), en kWh térmicos.

Ciudad	K [W/m ² °K]	Peso del muro [kg/m ²]	Resistencia		Tucumán		Córdoba		B Blanca		Neuquén		Ushuaia	
Zona			I		II		III		IV		V		VI	
Sistema			Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.
1	1,62	215	729	12.50	696	9.805	1.758	6.701	4.375	5.438	5.924	5.645	24.38	-
2	0,49	197	471	10.69	436	8.432	1.202	6.123	3.222	4.893	4.379	5.000	17.78	-
3	0,62	372	472	11.92	461	8.838	1.117	6.837	3.464	5.004	4.399	5.695	19.49	-
4	0,63	101	576	11.34	540	8.932	1.418	6.302	3.647	5.064	4.950	5.206	20.18	-
5	0,40	138	518	10.94	482	8.615	1.295	6.180	3.374	4.945	4.309	5.470	18.65	-
6	0,64	121	490	11.21	443	8.906	1.088	6.787	3.310	5.079	4.523	5.218	18.78	-
7	0,40	394	467	11.29	417	8.822	1.086	6.502	3.269	5.016	4.242	5.502	18.82	-

Tabla A5.3 (a) Demanda energética absoluta para la orientación Norte, en kWh térmicos.

Ciudad	K [W/m ² °K]	Peso del muro [kg/m ²]	Resistencia		Tucumán		Córdoba		B Blanca		Neuquén		Ushuaia	
Zona			I		II		III		IV		V		VI	
Sistema			Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.
1	1,62	215	618	12.56	779	8.844	1.932	5.802	3.676	5.641	5.229	5.756	23.86	11
2	0,49	197	371	11.57	277	8.706	1.281	4.865	2.415	4.888	3.637	4.576	17.12	8
3	0,62	372	417	11.21	334	8.958	962	6.239	2.766	4.946	3.936	5.007	19.00	6
4	0,63	101	456	11.58	378	9.425	1.052	6.576	2.708	5.602	3.933	5.579	19.48	14
5	0,40	138	392	11.24	317	9.127	840	6.713	2.605	5.161	3.775	4.907	17.81	13
6	0,64	121	389	10.96	313	8.808	826	6.758	2.686	4.843	3.835	4.868	18.51	4
7	0,40	394	366	10.90	291	8.690	884	5.999	2.636	4.770	3.756	4.820	18.40	1

Tabla A5.3 (b) Demanda energética absoluta para la orientación Este, en kWh térmicos.

Ciudad	K [W/m ² °K]	Peso del muro [kg/m ²]	Resistencia		Tucumán		Córdoba		B Blanca		Neuquén		Ushuaia	
Zona			I		II		III		IV		V		VI	
Sistema			Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.
1	1,62	215	756	11.78	716	9.054	1.424	7.148	4.525	4.588	5.981	4.745	24.50	-
2	0,49	197	472	9.702	491	7.207	854	6.911	3.194	3.815	4.321	3.801	17.78	-
3	0,62	372	539	10.46	505	7.942	1.328	5.439	3.328	4.286	4.538	4.365	19.45	-
4	0,63	101	593	10.53	570	8.029	1.462	5.410	3.484	4.248	4.864	4.297	20.15	-
5	0,40	138	516	10.27	495	7.774	1.317	5.351	3.155	4.133	4.360	4.273	18.62	-
6	0,64	121	508	10.22	484	7.806	1.293	5.313	3.246	4.199	4.435	4.253	18.96	-
7	0,40	394	487	10.17	463	7.723	1.257	5.275	3.196	4.160	4.358	4.233	18.86	-

Tabla A5.3 (c) Demanda energética absoluta para la orientación Oeste, en kWh térmicos.

Ciudad	K [W/m ² °K]	Peso del muro [kg/m ²]	Resistencia		Tucumán		Córdoba		B Blanca		Neuquén		Ushuaia	
Zona			I		II		III		IV		V		VI	
Sistema			Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.	Calef.	Refr.
1	1,62	66,5	631	12.99	534	10.26	1.432	6.736	3.817	5.837	5.353	6.028	24.03	0
2	0,49	70,1	371	11.57	295	9.337	853	5.821	2.537	5.565	3.635	5.648	17.25	2
3	0,62	67,1	432	11.88	336	9.660	935	7.291	2.768	5.907	3.954	6.079	19.05	2
4	0,63	47,1	471	12.16	384	9.760	1.057	7.041	2.990	5.688	4.244	5.818	19.70	2
5	0,40	61,1	409	11.86	328	9.583	925	7.031	2.682	5.666	3.799	5.924	18.10	2
6	0,64	66,9	408	11.74	316	9.632	920	7.051	2.730	5.638	3.889	5.774	18.44	2
7	0,40	73,3	364	12.13	302	9.361	900	6.777	2.671	5.569	3.828	5.629	18.31	0

Tabla A5.3 (d) Demanda energética absoluta para la orientación Sur, en kWh térmicos.

Ciudad	Resistencia		SM Tucumán		Córdoba		B Blanca		Neuquén		Ushuaia	
Zona	I		II		III		IV		V		VI	
Sistema	Calef.	Refri.	Calef.	Refri.	Calef.	Refri.	Calef.	Refri.	Calef.	Refri.	Calef.	Refri.
2 vs 1	-42%	-13%	-46%	-14%	-40%	-12%	-35%	-12%	-33%	-16%	-28%	
3 vs 1	-36%	-9%	-41%	-10%	-38%	-4%	-30%	-7%	-29%	-6%	-21%	
4 vs 1	-28%	-9%	-32%	-8%	-29%	-6%	-27%	-5%	-24%	-7%	-18%	
5 vs 1	-37%	-11%	-41%	-11%	-38%	-6%	-33%	-8%	-31%	-9%	-25%	
6 vs 1	-38%	-12%	-44%	-10%	-41%	-3%	-32%	-9%	-30%	-11%	-23%	
7 vs 1	-42%	-11%	-47%	-12%	-41%	-8%	-33%	-10%	-32%	-11%	-24%	

Tabla A5.4. Ahorro relativo en la demanda energética absoluta promedio entre los sistemas 2 a 7, con respecto al sistema 1 ($K = 1,62 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$), en %.

Conclusiones

En promedio para las 4 orientaciones, los sistemas propuestos (2 a 7) conducen a un ahorro del 34 % sobre la demanda de calefacción, y del 9 % en la demanda energética para refrigeración. Los sistemas 2 y 7 maximizan el ahorro energético, siendo ambos casos sistemas de alta inercia térmica. El sistema 7 resulta ligeramente más eficiente en zonas más cálidas (I, II y III), mientras que el sistema 2 lo es en el caso de las zonas más frías (IV, V y VI). Entre los sistemas restantes, el comportamiento de los sistemas 3 y 6 es superior al del sistema 4, a pesar que los valores de K se mantienen en igual orden de magnitud (0,62; 0,63; 0,64).

Por otra parte, los datos resultantes de este ejercicio dan cuenta de los beneficios que ofrece el concepto de masa térmica (inercia térmica), cuando se analizan comparativamente la demanda energética absoluta en calefacción y/o refrigeración para la vivienda, en distintas orientaciones, viendo que, aún con un nivel de aislamiento térmico menor -mayor coeficiente de transmitancia térmica K- pero mayor masa térmica -mayor peso del muro por m^2 -, por ejemplo en el caso 2 vs 5, se alcanza una menor demanda energética en calefacción (Ver Tablas A5.3a / A5.3b / A5.3c / A5.3d) de las ciudades de las zonas I,II, III, IV y VI en las orientaciones norte y oeste, I, II, IV, V y VI en la orientación este, I a VI en la orientación sur.

Si bien el beneficio no presenta igual magnitud en todas las locaciones y orientaciones, y que existen particularidades según cada caso particular, este ejemplo muestra **a la inercia térmica como una potente herramienta que, en determinadas circunstancias, puede reducir el consumo energético asociado a confort térmico de la vivienda**. Es importante aclarar que en los ejemplos estudiados no se tuvo en cuenta la variación de las paredes interiores que normalmente siguen el tipo de las exteriores, y tampoco fue optimizado el diseño arquitectónico de la vivienda de forma tal de aprovechar la radiación solar en invierno ni enfriar los muros masivos en verano, por lo que los beneficios reales asociados a la inercia térmica pueden ser potencialmente mayores.

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

ANEXO

06

6. Catálogo de alternativas para el aislamiento térmico de muros de mampostería de BH

Para el desarrollo de este anexo se ha tenido en cuenta el documento *Thermal Catalog of Concrete Masonry Assemblies* de la National Concrete Masonry Association. NCMA (Publicación TR233A, Segunda Edición, Diciembre 2012), con adaptaciones.

6.1. Introducción

Dentro de este catálogo, hay varios materiales de aislamiento y métodos de instalación. Este catálogo está destinado a proporcionar algunos ejemplos representativos de emplacado de la mampostería de hormigón típicos, y no constituye una lista exhaustiva de todas las opciones disponibles. Cada tipo diferente de material de aislamiento e instalación / aplicación tiene ventajas y desventajas que le son propias. Por ejemplo, un aislamiento térmico colocado en el lado interior del conjunto de mampostería de hormigón (de modo que la masa de hormigón no quede en contacto directo con el ambiente interior) reduce los beneficios de la inercia térmica que es una ventaja de la mampostería pesada de bloques de hormigón.

Algunos aislantes son susceptibles a la degradación debido a la exposición a la humedad y otras condiciones ambientales y solo puede usarse en aplicaciones limitadas. Otros aislantes tampoco pueden dejarse expuestos debido a un mayor riesgo de incendio o la liberación de humos tóxicos en caso de incendio. Además, las diferentes estrategias de aislamiento tendrán diferentes costos asociados con el material aislante propiamente dicho, así como con el método de instalación.

Este catálogo proporciona los valores de la resistencia / conductividad térmica calculados para varios tipos de mampostería de hormigón. Estos valores representan el resultado de la aplicación de los métodos de cálculo más avanzados, y definen las propiedades térmicas, los valores y requisitos de cada material que forma parte del ensamblaje final de la solución propuesta, responden a aquellos considerados por la ASHRAE (Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado). Estos valores están respaldados por los códigos y estándares de energía actuales y son destinados a crear consistencia en los cálculos térmicos y valores

presentados para diferentes ensamblajes de la mampostería de hormigón.

En el caso particular de nuestro país, estos ensamblajes cumplen con los requisitos contenidos en la norma IRAM 11601 “Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario” y además sus valores de Resistencia Térmica/Conductividad térmica satisfacen o pueden satisfacer con las modificaciones de los espesores de los materiales aislantes, los valores de K_{max} para una determinada localidad, siguiendo para ellos los lineamientos planteados en las normas IRAM 11603 “Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina” e IRAM 11605 “Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de Transmitancia térmica en cerramientos opacos”.

Este catálogo de ensamblajes de mampostería de hormigón presenta valores de resistencia térmica R tabulados para materiales de tipo convencional. De todos modos, la mampostería de hormigón ofrece posibilidades amplias de diseño, por lo que el contenido de este catálogo sólo se propone mostrar algunas de las soluciones de diseño más habituales.

6.2 Bases en la que se funda el catálogo

Los valores de resistencia térmica (R) y transmitancia térmica (K) enumerados en las siguientes tablas fueron determinados por cálculo utilizando el método teórico de los Planos Isotérmicos incluidos en las normas IRAM y en ASHRAE Handbook, Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2009 y en Guide to Thermal Properties of Concrete and Masonry Systems. ACI 122R-02 American Concrete Institute, 2002.

Los valores térmicos para los conjuntos de mampostería de hormigón están correlacionados con la densidad del mampuesto, porque la conductividad térmica del hormigón aumenta con el aumento de la densidad. Esta densidad además está vinculada al tipo de agregados que forman parte del hormigón de los bloques. Estos valores de conductividad térmica fueron corregidos por el contenido de humedad del hormigón. Los cálculos incluyen a las resistencias térmicas superficiales interior y exterior y también los efectos de las juntas de mortero y el hormigón de relleno (cuando está presente).

Bloque de hormigón estandar (P20)

Para ver todos tipos y modelos disponibles consultar la Tabla 2.2.



Esquema de un corte o sección de un muro de bloques de hormigón de una sola hoja (muro simple) en donde se observan los tabiques transversales (puentes térmicos) y los huecos verticales que quedan dentro del muro una vez construido con bloques 20x20x40 de dimensiones estándar (bloque portante según norma IRAM 11561 "Bloques de hormigón. Parte 3 - Requisitos de los bloques portantes").

Notas:

Para el cálculo de los valores de resistencia y transmitancia térmica de las tablas que se presentan para cada ensamblaje, se consideró una resistividad térmica para el hormigón de relleno de 0,018 m K/W (para una densidad de 2.240 kg/m³) y 0,08 m K/W para las placas de roca de yeso de 1/2" de espesor.

En el caso de los materiales aislantes en cada tabla se indica el valor considerado de la resistividad térmica, que corresponde a un valor de referencia típico. Cada usuario debe comprobar con el respectivo fabricante cuáles son las propiedades térmicas del material que decida utilizar en cada caso.

1.1 Muro simple con sus huecos rellenos con poliuretano inyectado quedando ambas caras (exterior e interior) a la vista con su correspondiente aislamiento hidráulico en la cara externa.



En este caso la mampostería queda expuesta tanto en el interior como en el exterior, y el aislante térmico utilizado es poliuretano inyectado in-situ. También se podrían usar otros materiales aislantes para rellenar los huecos verticales, tales como perlita, vermiculita o arcilla expandida, cada uno con sus propios valores de R.

Valores de resistencia térmica R ($m^2 K/W$) y transmitancia térmica K ($W/m^2 K$)

Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
	Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
1360	1,12	0,89	0,78	1,28	0,58	1,73	0,32	3,15	1,51	0,66	0,99	1,01	0,71	1,41	0,37	2,70
1520	0,98	1,03	0,71	1,41	0,53	1,87	0,30	3,32	1,30	0,77	0,89	1,12	0,65	1,53	0,35	2,84
1680	0,84	1,18	0,64	1,57	0,49	2,03	0,29	3,47	1,12	0,89	0,80	1,25	0,60	1,67	0,33	2,99
1840	0,73	1,36	0,57	1,75	0,45	2,20	0,27	3,63	0,97	1,03	0,72	1,39	0,55	1,81	0,32	3,14
2000	0,64	1,57	0,51	1,94	0,42	2,38	0,26	3,78	0,83	1,20	0,64	1,56	0,51	1,97	0,30	3,29
2160	0,56	1,79	0,46	2,16	0,39	2,58	0,26	3,93	0,72	1,39	0,58	1,74	0,47	2,15	0,29	3,43

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 1,04 m K/W para el PUR inyectado en los huecos de los bloques.

1.2 Muro simple con poliuretano inyectado en sus huecos, con la cara exterior expuesta y la cara interior revestida con placas de roca de yeso.

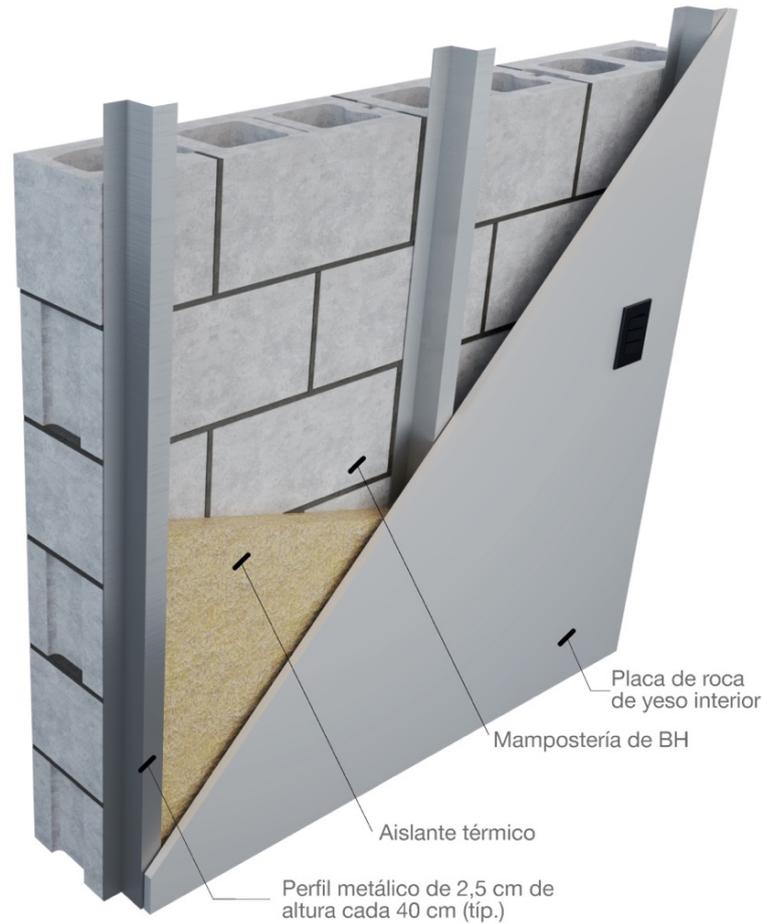


Valores de resistencia térmica R ($m^2 K/W$) y transmitancia térmica K ($W/m^2 K$)

Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
	Sin homigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin homigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
1360	1,32	0,76	0,98	1,02	0,77	1,29	0,51	1,96	1,70	0,58	1,18	0,84	0,90	1,11	0,56	1,77
1520	1,17	0,86	0,90	1,11	0,73	1,37	0,49	2,02	1,50	0,67	1,09	0,92	0,84	1,18	0,55	1,83
1680	1,04	0,96	0,83	1,20	0,69	1,46	0,48	2,08	1,32	0,76	0,99	1,01	0,79	1,26	0,53	1,90
1840	0,93	1,08	0,77	1,31	0,65	1,54	0,47	2,13	1,16	0,86	0,91	1,10	0,74	1,34	0,51	1,95
2000	0,83	1,20	0,71	1,41	0,61	1,63	0,46	2,18	1,03	0,98	0,84	1,19	0,70	1,43	0,50	2,01
2160	0,75	1,33	0,66	1,52	0,58	1,72	0,45	2,23	0,91	1,10	0,77	1,30	0,66	1,52	0,49	2,06

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 1,04 m K/W para el PUR inyectado en los huecos de los bloques.

1.3 Muro simple con la cara exterior expuesta y la cara interior con PUR (espuma proyectada de poliuretano) y placas de roca de yeso.



El valor final de la transmitancia térmica (K) del muro dependerá del espesor de la capa de poliuretano y de la placa de roca de yeso. Se puede bajar más aún, si se llenan los huecos de los bloques con ese mismo aislante.

Valores de resistencia térmica R ($m^2 K/W$) y transmitancia térmica K ($W/m^2 K$)

Espesor del aislante	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin homigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin homigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
PUR 2,5 cm	1360	2,30	0,43	2,28	0,44	2,26	0,44	2,20	0,45	2,33	0,43	2,32	0,43	2,30	0,44	2,25	0,44
	1520	2,28	0,44	2,26	0,44	2,24	0,45	2,18	0,46	2,31	0,43	2,30	0,44	2,28	0,44	2,24	0,45
	1680	2,26	0,44	2,24	0,44	2,22	0,45	2,17	0,46	2,29	0,44	2,28	0,44	2,26	0,44	2,22	0,45
	1840	2,24	0,44	2,22	0,45	2,21	0,45	2,16	0,47	2,27	0,44	2,26	0,44	2,24	0,45	2,20	0,45
	2000	2,23	0,45	2,21	0,45	2,19	0,45	2,15	0,47	2,25	0,44	2,24	0,45	2,22	0,45	2,19	0,45
	2160	2,21	0,45	2,19	0,45	2,18	0,46	2,14	0,47	2,23	0,45	2,22	0,45	2,21	0,45	2,18	0,46

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Espesor del aislante	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
PUR 5,0 cm	1360	2,51	0,40	2,49	0,40	2,47	0,40	2,41	0,41	2,54	0,39	2,53	0,40	2,51	0,40	2,47	0,40
	1520	2,49	0,40	2,47	0,40	2,45	0,41	2,40	0,41	2,52	0,40	2,51	0,40	2,49	0,40	2,45	0,41
	1680	2,47	0,40	2,45	0,41	2,43	0,41	2,38	0,42	2,50	0,40	2,49	0,40	2,47	0,40	2,43	0,41
	1840	2,46	0,41	2,44	0,41	2,42	0,41	2,37	0,42	2,48	0,40	2,47	0,40	2,45	0,41	2,41	0,41
	2000	2,44	0,41	2,42	0,41	2,40	0,41	2,36	0,43	2,46	0,40	2,45	0,41	2,44	0,41	2,40	0,41
	2160	2,42	0,41	2,41	0,41	2,39	0,42	2,35	0,43	2,44	0,41	2,43	0,41	2,42	0,41	2,39	0,42
PUR 7,6 cm	1360	2,62	0,38	2,60	0,39	2,57	0,39	2,52	0,40	2,65	0,37	2,63	0,38	2,62	0,38	2,57	0,39
	1520	2,60	0,39	2,58	0,39	2,56	0,39	2,50	0,40	2,63	0,38	2,61	0,38	2,60	0,39	2,55	0,39
	1680	2,58	0,39	2,56	0,39	2,54	0,39	2,49	0,40	2,61	0,39	2,59	0,39	2,58	0,39	2,53	0,39
	1840	2,56	0,39	2,54	0,39	2,52	0,40	2,47	0,40	2,59	0,39	2,57	0,39	2,56	0,39	2,52	0,40
	2000	2,54	0,39	2,53	0,40	2,51	0,40	2,46	0,40	2,57	0,39	2,56	0,39	2,54	0,39	2,50	0,40
	2160	2,53	0,40	2,51	0,40	2,50	0,40	2,46	0,41	2,55	0,39	2,54	0,39	2,53	0,40	2,49	0,40
PUR 8,9 cm	1360	2,65	0,37	2,63	0,38	2,61	0,38	2,55	0,39	2,69	0,37	2,67	0,37	2,65	0,37	2,61	0,39
	1520	2,63	0,38	2,61	0,38	2,59	0,39	2,54	0,39	2,66	0,37	2,65	0,37	2,63	0,38	2,59	0,39
	1680	2,61	0,38	2,59	0,39	2,57	0,39	2,52	0,40	2,64	0,38	2,63	0,38	2,61	0,38	2,57	0,39
	1840	2,60	0,39	2,58	0,39	2,56	0,39	2,51	0,40	2,62	0,38	2,61	0,38	2,59	0,39	2,55	0,39
	2000	2,58	0,39	2,56	0,39	2,54	0,39	2,50	0,40	2,60	0,39	2,59	0,39	2,58	0,39	2,54	0,39
	2160	2,56	0,39	2,55	0,39	2,53	0,40	2,49	0,40	2,59	0,39	2,57	0,39	2,56	0,39	2,53	0,40

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 1,04 m K/W para el PUR proyectado en la cara interior.

1.4 Muro simple con la cara exterior expuesta y la cara interior enchapada con placas preformadas de poliestireno expandido (EPS) o poliisocianurato (PIR) como material aislante y placas de roca de yeso.

En el caso de poliisocianurato, sus placas cuentan con un film de aluminio como barrera de vapor, y el muro queda revestido por una placa de roca de yeso de ½ pulgada de espesor. Los perfiles metálicos se apoyan sobre el muro de mampostería con tacos de madera.



La cara exterior queda expuesta. Como en todos los casos, el valor de la resistencia térmica se puede aumentar, por ejemplo, rellenando los huecos vacíos de la pared de bloques.

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS ¾"	1360	1,27	0,78	1,25	0,80	1,23	0,81	1,17	0,85	1,30	0,77	1,29	0,78	1,27	0,79	1,22	0,82
	1520	1,25	0,80	1,23	0,81	1,21	0,83	1,15	0,86	1,28	0,78	1,27	0,79	1,25	0,80	1,21	0,83
	1680	1,23	0,81	1,21	0,82	1,19	0,84	1,14	0,87	1,26	0,79	1,25	0,80	1,23	0,81	1,19	0,84
	1840	1,21	0,82	1,20	0,83	1,18	0,85	1,13	0,89	1,24	0,81	1,23	0,81	1,21	0,82	1,17	0,85
	2000	1,20	0,83	1,18	0,85	1,16	0,86	1,12	0,89	1,22	0,82	1,21	0,83	1,20	0,83	1,16	0,86
	2160	1,18	0,85	1,17	0,86	1,15	0,87	1,11	0,90	1,20	0,83	1,19	0,84	1,18	0,85	1,15	0,87
EPS 1"	1360	1,49	0,67	1,47	0,68	1,45	0,69	1,39	0,72	1,52	0,66	1,51	0,66	1,49	0,67	1,44	0,69
	1520	1,47	0,68	1,45	0,69	1,43	0,70	1,37	0,73	1,50	0,66	1,49	0,67	1,47	0,68	1,43	0,70
	1680	1,45	0,69	1,43	0,70	1,41	0,71	1,36	0,73	1,48	0,68	1,47	0,68	1,45	0,69	1,41	0,71
	1840	1,43	0,70	1,42	0,70	1,40	0,72	1,35	0,74	1,46	0,69	1,45	0,69	1,43	0,70	1,39	0,72
	2000	1,42	0,70	1,40	0,72	1,38	0,72	1,34	0,75	1,44	0,69	1,43	0,70	1,42	0,70	1,38	0,73
	2160	1,40	0,72	1,39	0,72	1,37	0,73	1,33	0,76	1,42	0,70	1,41	0,71	1,40	0,72	1,37	0,73
EPS 1 ½"	1360	1,93	0,52	1,91	0,52	1,89	0,53	1,83	0,55	1,96	0,51	1,95	0,51	1,93	0,52	1,88	0,53
	1520	1,91	0,52	1,89	0,53	1,87	0,53	1,81	0,55	1,94	0,52	1,93	0,52	1,91	0,52	1,87	0,53
	1680	1,89	0,53	1,87	0,53	1,85	0,54	1,80	0,56	1,92	0,52	1,91	0,52	1,89	0,53	1,85	0,54
	1840	1,87	0,53	1,86	0,54	1,84	0,55	1,79	0,56	1,90	0,53	1,89	0,53	1,87	0,53	1,83	0,55
	2000	1,86	0,54	1,84	0,55	1,82	0,55	1,78	0,56	1,88	0,53	1,87	0,53	1,86	0,54	1,82	0,55
	2160	1,84	0,55	1,83	0,55	1,81	0,55	1,77	0,57	1,86	0,53	1,85	0,54	1,84	0,55	1,81	0,56

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 0,70 m K/W para las placas de EPS.

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 2"	1360	2,37	0,42	2,35	0,43	2,33	0,43	2,27	0,44	2,40	0,41	2,39	0,42	2,37	0,42	2,32	0,43
	1520	2,35	0,43	2,33	0,43	2,31	0,43	2,25	0,44	2,38	0,42	2,37	0,42	2,35	0,43	2,31	0,43
	1680	2,33	0,43	2,31	0,43	2,29	0,44	2,24	0,45	2,36	0,43	2,35	0,43	2,33	0,43	2,29	0,44
	1840	2,31	0,43	2,30	0,44	2,28	0,44	2,23	0,45	2,34	0,43	2,33	0,43	2,31	0,43	2,27	0,44
	2000	2,30	0,44	2,28	0,44	2,26	0,44	2,22	0,45	2,32	0,43	2,31	0,43	2,30	0,44	2,26	0,44
	2160	2,28	0,44	2,27	0,44	2,25	0,44	2,21	0,45	2,30	0,43	2,29	0,44	2,28	0,44	2,25	0,44
EPS 2 1/2"	1360	2,81	0,36	2,79	0,36	2,77	0,36	2,71	0,37	2,84	0,35	2,83	0,35	2,81	0,36	2,76	0,36
	1520	2,79	0,36	2,77	0,36	2,75	0,36	2,69	0,37	2,82	0,35	2,81	0,36	2,79	0,36	2,75	0,36
	1680	2,77	0,36	2,75	0,36	2,73	0,36	2,68	0,37	2,80	0,36	2,79	0,36	2,77	0,36	2,73	0,37
	1840	2,75	0,36	2,74	0,36	2,72	0,37	2,67	0,37	2,78	0,36	2,77	0,36	2,75	0,36	2,71	0,37
	2000	2,74	0,36	2,72	0,37	2,70	0,37	2,66	0,37	2,76	0,36	2,75	0,36	2,74	0,36	2,70	0,37
	2160	2,72	0,37	2,71	0,37	2,69	0,37	2,65	0,37	2,74	0,36	2,73	0,36	2,72	0,37	2,69	0,37
EPS 3"	1360	3,25	0,31	3,23	0,31	3,21	0,31	3,15	0,32	3,28	0,31	3,27	0,31	3,25	0,31	3,20	0,31
	1520	3,23	0,31	3,21	0,31	3,19	0,31	3,13	0,32	3,26	0,31	3,25	0,31	3,23	0,31	3,19	0,31
	1680	3,21	0,31	3,19	0,31	3,17	0,31	3,12	0,32	3,24	0,31	3,23	0,31	3,21	0,31	3,17	0,32
	1840	3,19	0,31	3,18	0,31	3,16	0,32	3,11	0,32	3,22	0,31	3,21	0,31	3,19	0,31	3,15	0,32
	2000	3,18	0,31	3,16	0,32	3,14	0,32	3,10	0,32	3,20	0,31	3,19	0,31	3,18	0,31	3,14	0,32
	2160	3,16	0,32	3,15	0,32	3,13	0,32	3,09	0,32	3,18	0,31	3,17	0,31	3,16	0,32	3,13	0,32

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 0,70 m K/W para las placas de EPS.

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
PIR ¾"	1360	1,71	0,58	1,69	0,59	1,67	0,60	1,61	0,62	1,74	0,57	1,73	0,58	1,71	0,58	1,66	0,60
	1520	1,69	0,59	1,67	0,60	1,65	0,61	1,60	0,62	1,72	0,58	1,71	0,58	1,69	0,59	1,65	0,61
	1680	1,67	0,60	1,65	0,60	1,63	0,61	1,58	0,63	1,70	0,58	1,69	0,59	1,67	0,60	1,63	0,61
	1840	1,65	0,60	1,64	0,61	1,62	0,62	1,57	0,64	1,68	0,60	1,67	0,60	1,65	0,60	1,61	0,62
	2000	1,64	0,61	1,62	0,62	1,60	0,62	1,56	0,64	1,66	0,60	1,65	0,61	1,64	0,61	1,60	0,62
	2160	1,62	0,62	1,61	0,62	1,59	0,63	1,55	0,65	1,65	0,61	1,63	0,61	1,62	0,62	1,59	0,63
PIR 1"	1360	2,01	0,50	1,99	0,51	1,96	0,51	1,91	0,52	2,04	0,49	2,02	0,49	2,01	0,50	1,96	0,51
	1520	1,99	0,51	1,97	0,51	1,94	0,51	1,89	0,53	2,02	0,49	2,00	0,50	1,99	0,51	1,94	0,52
	1680	1,97	0,51	1,95	0,51	1,93	0,52	1,88	0,53	2,00	0,50	1,98	0,51	1,97	0,51	1,92	0,52
	1840	1,95	0,51	1,93	0,52	1,91	0,52	1,86	0,53	1,98	0,51	1,96	0,51	1,95	0,51	1,91	0,52
	2000	1,93	0,52	1,91	0,52	1,90	0,53	1,85	0,54	1,96	0,51	1,94	0,52	1,93	0,52	1,89	0,53
	2160	1,91	0,52	1,90	0,53	1,88	0,53	1,84	0,54	1,94	0,52	1,93	0,52	1,91	0,52	1,88	0,53
PIR 1 ½"	1360	2,68	0,37	2,65	0,37	2,63	0,38	2,57	0,39	2,71	0,37	2,69	0,37	2,68	0,37	2,63	0,38
	1520	2,66	0,37	2,63	0,38	2,61	0,38	2,56	0,39	2,69	0,37	2,67	0,37	2,65	0,37	2,61	0,38
	1680	2,64	0,38	2,62	0,38	2,60	0,39	2,54	0,39	2,66	0,37	2,65	0,37	2,63	0,38	2,59	0,39
	1840	2,62	0,38	2,60	0,39	2,58	0,39	2,53	0,39	2,65	0,38	2,63	0,38	2,62	0,38	2,58	0,39
	2000	2,60	0,39	2,58	0,39	2,57	0,39	2,52	0,40	2,63	0,38	2,61	0,38	2,60	0,39	2,56	0,39
	2160	2,58	0,39	2,57	0,39	2,55	0,39	2,51	0,40	2,61	0,38	2,60	0,39	2,58	0,39	2,55	0,39

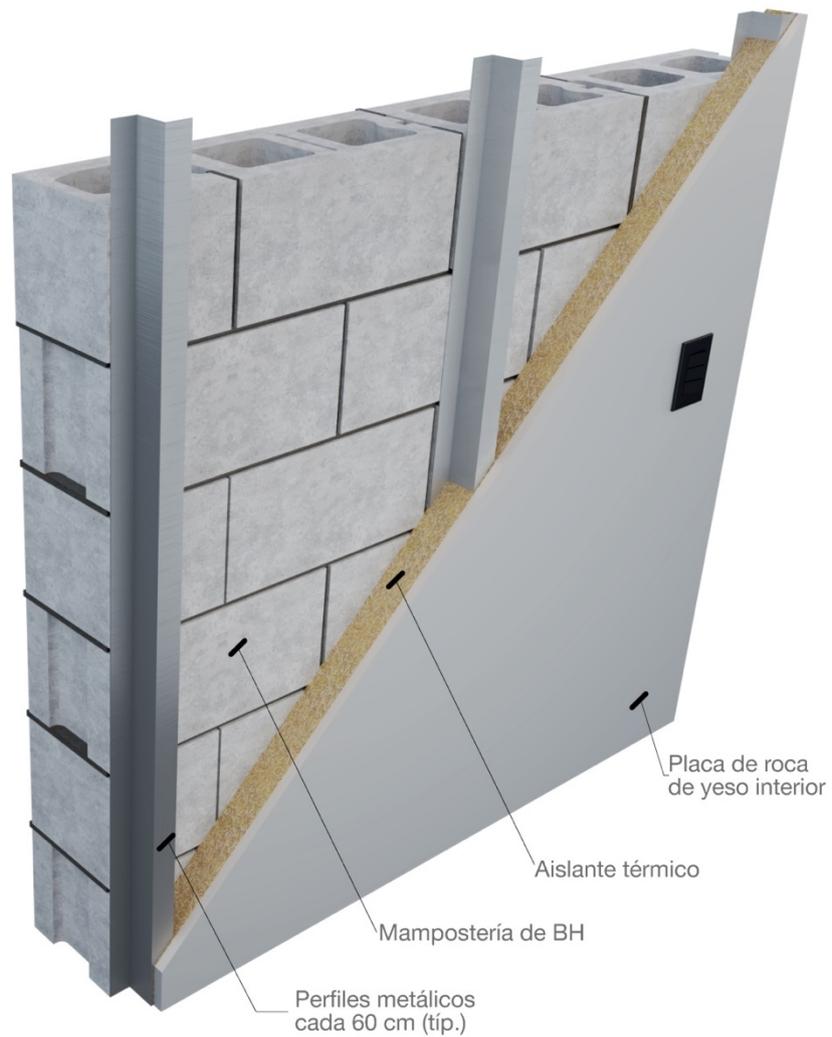
Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 1,25 m K/W para las placas de PIR.

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
PIR 2"	1360	3,36	0,30	3,34	0,30	3,32	0,30	3,26	0,31	3,40	0,30	3,38	0,30	3,36	0,30	3,32	0,30
	1520	3,34	0,30	3,32	0,30	3,30	0,30	3,25	0,31	3,37	0,30	3,36	0,30	3,34	0,30	3,30	0,30
	1680	3,32	0,30	3,30	0,30	3,28	0,31	3,23	0,31	3,35	0,30	3,34	0,30	3,32	0,30	3,28	0,31
	1840	3,31	0,30	3,29	0,31	3,27	0,31	3,22	0,31	3,33	0,30	3,32	0,30	3,30	0,30	3,26	0,31
	2000	3,29	0,31	3,27	0,31	3,25	0,31	3,21	0,31	3,31	0,30	3,30	0,30	3,29	0,31	3,25	0,31
	2160	3,27	0,31	3,26	0,31	3,24	0,31	3,20	0,31	3,29	0,30	3,28	0,31	3,27	0,31	3,24	0,31
PIR 2 1/2"	1360	3,96	0,25	3,94	0,26	3,92	0,26	3,86	0,26	3,99	0,25	3,98	0,25	3,96	0,25	3,91	0,26
	1520	3,94	0,26	3,92	0,26	3,90	0,26	3,84	0,26	3,97	0,25	3,95	0,25	3,94	0,26	3,89	0,26
	1680	3,92	0,26	3,90	0,26	3,88	0,26	3,83	0,26	3,95	0,26	3,94	0,26	3,92	0,26	3,88	0,26
	1840	3,90	0,26	3,88	0,26	3,87	0,26	3,82	0,26	3,93	0,26	3,92	0,26	3,90	0,26	3,86	0,26
	2000	3,89	0,26	3,87	0,26	3,85	0,26	3,81	0,26	3,91	0,26	3,90	0,26	3,88	0,26	3,85	0,26
	2160	3,87	0,26	3,85	0,26	3,84	0,26	3,80	0,26	3,89	0,26	3,88	0,26	3,87	0,26	3,84	0,26
PIR 3"	1360	4,56	0,22	4,54	0,22	4,51	0,22	4,46	0,22	4,59	0,22	4,58	0,22	4,56	0,22	4,51	0,22
	1520	4,54	0,22	4,52	0,22	4,50	0,22	4,44	0,23	4,57	0,22	4,55	0,22	4,54	0,22	4,49	0,22
	1680	4,52	0,22	4,50	0,22	4,48	0,22	4,43	0,23	4,55	0,22	4,53	0,22	4,52	0,22	4,48	0,22
	1840	4,50	0,22	4,48	0,22	4,47	0,22	4,42	0,23	4,53	0,22	4,51	0,22	4,50	0,22	4,46	0,22
	2000	4,48	0,22	4,47	0,22	4,45	0,23	4,41	0,23	4,51	0,22	4,50	0,22	4,48	0,22	4,45	0,23
	2160	4,47	0,22	4,45	0,23	4,44	0,23	4,40	0,23	4,49	0,22	4,48	0,22	4,47	0,22	4,43	0,23

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 1,25 m K/W para las placas de PIR.

1.5 Muro simple de bloques de hormigón forrado en su cara interior por una placa compacta de fibra de vidrio y revestida con una placa de yeso de ½ pulgada de espesor sostenida por un bastidor metálico. La cara exterior de esta pared queda a la vista.



Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K)

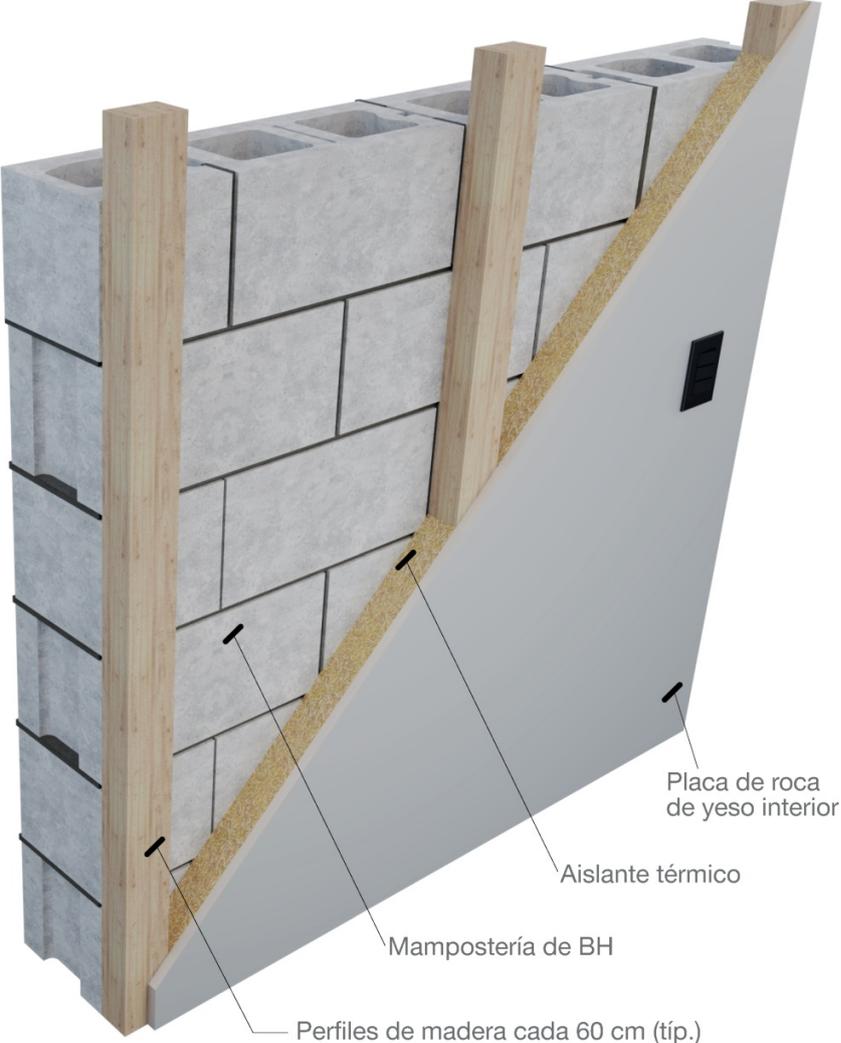
Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
R11 batt	1360	1,66	0,60	1,64	0,61	1,61	0,62	1,56	0,64	1,69	0,59	1,68	0,60	1,66	0,60	1,61	0,62
	1520	1,64	0,61	1,62	0,62	1,60	0,62	1,54	0,65	1,67	0,60	1,65	0,60	1,64	0,61	1,59	0,63
	1680	1,62	0,62	1,60	0,62	1,58	0,63	1,53	0,65	1,65	0,61	1,63	0,61	1,62	0,62	1,58	0,64
	1840	1,60	0,62	1,58	0,63	1,56	0,64	1,52	0,66	1,63	0,61	1,61	0,62	1,60	0,62	1,56	0,64
	2000	1,58	0,63	1,57	0,64	1,55	0,65	1,50	0,66	1,61	0,62	1,60	0,62	1,58	0,63	1,55	0,65
	2160	1,57	0,64	1,55	0,64	1,54	0,65	1,50	0,67	1,59	0,63	1,58	0,63	1,57	0,64	1,53	0,65
R13 batt	1360	1,76	0,57	1,74	0,57	1,72	0,58	1,66	0,60	1,80	0,56	1,78	0,56	1,76	0,57	1,72	0,58
	1520	1,74	0,57	1,72	0,58	1,70	0,58	1,65	0,61	1,77	0,56	1,76	0,57	1,74	0,57	1,70	0,59
	1680	1,72	0,58	1,71	0,58	1,69	0,59	1,63	0,61	1,75	0,57	1,74	0,57	1,72	0,58	1,68	0,60
	1840	1,71	0,58	1,69	0,59	1,67	0,60	1,62	0,62	1,73	0,58	1,72	0,58	1,70	0,58	1,66	0,60
	2000	1,69	0,59	1,67	0,60	1,65	0,60	1,61	0,62	1,71	0,58	1,70	0,58	1,69	0,59	1,65	0,61
	2160	1,67	0,60	1,66	0,60	1,64	0,61	1,60	0,62	1,70	0,59	1,69	0,59	1,67	0,60	1,64	0,61
R15 batt	1360	1,87	0,53	1,85	0,54	1,83	0,55	1,77	0,56	1,90	0,53	1,89	0,53	1,87	0,53	1,82	0,55
	1520	1,85	0,54	1,83	0,55	1,81	0,55	1,75	0,57	1,88	0,53	1,86	0,53	1,85	0,54	1,80	0,56
	1680	1,83	0,55	1,81	0,55	1,79	0,56	1,74	0,57	1,86	0,54	1,84	0,54	1,83	0,55	1,79	0,56
	1840	1,81	0,55	1,79	0,56	1,78	0,56	1,73	0,58	1,84	0,55	1,83	0,55	1,81	0,55	1,77	0,56
	2000	1,80	0,56	1,78	0,56	1,76	0,57	1,72	0,58	1,82	0,55	1,81	0,55	1,79	0,56	1,76	0,57
	2160	1,78	0,56	1,76	0,57	1,75	0,57	1,71	0,58	1,80	0,56	1,79	0,56	1,78	0,56	1,74	0,57

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
R19 batt	1360	2,01	0,50	1,99	0,50	1,97	0,51	1,91	0,52	2,04	0,49	2,03	0,49	2,01	0,50	1,96	0,51
	1520	1,99	0,50	1,97	0,51	1,95	0,51	1,89	0,53	2,02	0,49	2,00	0,50	1,99	0,51	1,94	0,52
	1680	1,97	0,51	1,95	0,51	1,93	0,52	1,88	0,53	2,00	0,50	1,99	0,51	1,97	0,51	1,93	0,52
	1840	1,95	0,51	1,93	0,52	1,92	0,52	1,87	0,53	1,98	0,51	1,97	0,51	1,95	0,51	1,91	0,52
	2000	1,94	0,52	1,92	0,52	1,90	0,53	1,86	0,54	1,96	0,51	1,95	0,51	1,93	0,52	1,90	0,53
	2160	1,92	0,52	1,90	0,52	1,89	0,53	1,85	0,54	1,94	0,52	1,93	0,52	1,92	0,52	1,88	0,53
R21 batt	1360	2,08	0,48	2,06	0,48	2,04	0,49	1,98	0,51	2,11	0,47	2,10	0,48	2,08	0,48	2,03	0,49
	1520	2,06	0,48	2,04	0,49	2,02	0,49	1,96	0,51	2,09	0,48	2,08	0,48	2,06	0,48	2,02	0,49
	1680	2,04	0,49	2,02	0,49	2,00	0,50	1,95	0,51	2,07	0,48	2,06	0,49	2,04	0,49	2,00	0,50
	1840	2,02	0,49	2,00	0,50	1,99	0,51	1,94	0,52	2,05	0,49	2,04	0,49	2,02	0,49	1,98	0,51
	2000	2,01	0,50	1,99	0,50	1,97	0,51	1,93	0,52	2,03	0,49	2,02	0,49	2,00	0,50	1,97	0,51
	2160	1,99	0,51	1,97	0,51	1,96	0,51	1,92	0,52	2,01	0,49	2,00	0,50	1,99	0,50	1,96	0,51

Nota: El aislamiento Batt se compone de una manta de fibra de vidrio o lana mineral, y de acuerdo a su composición provee diferentes grados de resistencia térmica. En su denominación, el número que acompaña a "R" corresponde a la resistencia térmica expresada en h ft² F/Btu (1 h ft² F/Btu equivale a 0,176 m² K/W); por lo tanto, cuanto mayor es el número que acompaña a "R", mayor es la resistencia térmica que ofrece. Asimismo, se pueden utilizar en varias capas para obtener un valor de R total mayor.

1.6 Muro simple de bloques de hormigón, con aislante en la cara interior de la pared, con bastidor de madera y forrado con la placa de roca de yeso de 1/2 pulgada de espesor. Cara exterior a la vista.



Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS ¾"	1360	1,12	0,89	1,10	0,91	1,08	0,93	1,02	0,98	1,16	0,86	1,14	0,87	1,12	0,89	1,08	0,93
	1520	1,10	0,90	1,08	0,92	1,06	0,94	1,01	0,99	1,13	0,88	1,12	0,89	1,10	0,91	1,06	0,94
	1680	1,08	0,92	1,06	0,94	1,05	0,95	0,99	1,01	1,11	0,90	1,10	0,91	1,08	0,93	1,04	0,96
	1840	1,07	0,94	1,05	0,95	1,03	0,97	0,98	1,02	1,09	0,91	1,08	0,93	1,06	0,94	1,02	0,98
	2000	1,05	0,95	1,03	0,97	1,02	0,98	0,97	1,03	1,07	0,93	1,06	0,94	1,05	0,95	1,01	0,99
	2160	1,03	0,97	1,02	0,98	1,00	1,00	0,96	1,04	1,06	0,95	1,05	0,95	1,03	0,97	1,00	1,00
PIR ¾"	1360	1,33	0,75	1,31	0,76	1,29	0,77	1,23	0,81	1,37	0,73	1,35	0,74	1,33	0,75	1,29	0,78
	1520	1,31	0,76	1,29	0,77	1,27	0,78	1,22	0,82	1,34	0,74	1,33	0,75	1,31	0,76	1,27	0,79
	1680	1,30	0,77	1,28	0,78	1,25	0,79	1,20	0,83	1,32	0,76	1,31	0,77	1,29	0,77	1,25	0,80
	1840	1,28	0,78	1,26	0,79	1,24	0,81	1,19	0,84	1,30	0,77	1,29	0,77	1,27	0,78	1,24	0,81
	2000	1,26	0,79	1,24	0,81	1,22	0,82	1,18	0,85	1,28	0,78	1,27	0,78	1,26	0,79	1,22	0,82
	2160	1,24	0,81	1,23	0,81	1,21	0,82	1,17	0,85	1,27	0,79	1,25	0,79	1,24	0,81	1,21	0,83
EPS 1 ½"	1360	1,75	0,57	1,73	0,58	1,71	0,58	1,65	0,61	1,78	0,56	1,77	0,57	1,75	0,57	1,70	0,58
	1520	1,73	0,58	1,71	0,58	1,69	0,59	1,64	0,61	1,76	0,57	1,75	0,57	1,73	0,58	1,68	0,59
	1680	1,71	0,58	1,69	0,59	1,67	0,60	1,62	0,62	1,74	0,57	1,72	0,58	1,71	0,58	1,67	0,60
	1840	1,69	0,59	1,68	0,60	1,66	0,60	1,61	0,62	1,72	0,58	1,71	0,58	1,69	0,59	1,65	0,61
	2000	1,68	0,60	1,66	0,60	1,64	0,61	1,60	0,62	1,70	0,58	1,69	0,59	1,68	0,60	1,64	0,61
	2160	1,66	0,60	1,64	0,61	1,63	0,61	1,59	0,63	1,68	0,60	1,67	0,60	1,66	0,60	1,62	0,61

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
PIR 1 ½"	1360	2,25	0,44	2,22	0,45	2,20	0,45	2,15	0,47	2,28	0,44	2,26	0,44	2,25	0,44	2,20	0,45
	1520	2,23	0,45	2,21	0,45	2,18	0,46	2,13	0,47	2,26	0,44	2,24	0,45	2,22	0,45	2,18	0,46
	1680	2,21	0,45	2,19	0,45	2,17	0,46	2,12	0,47	2,24	0,45	2,22	0,45	2,20	0,45	2,16	0,46
	1840	2,19	0,45	2,17	0,46	2,15	0,47	2,10	0,48	2,21	0,45	2,20	0,45	2,19	0,46	2,15	0,47
	2000	2,17	0,46	2,15	0,47	2,14	0,47	2,09	0,48	2,20	0,45	2,18	0,46	2,17	0,46	2,13	0,47
	2160	2,15	0,47	2,14	0,47	2,12	0,47	2,08	0,48	2,18	0,46	2,17	0,46	2,15	0,47	2,12	0,47
R11 batt	1360	2,36	0,42	2,34	0,43	2,32	0,43	2,26	0,44	2,40	0,41	2,38	0,42	2,36	0,43	2,32	0,43
	1520	2,34	0,43	2,32	0,43	2,30	0,44	2,25	0,44	2,37	0,42	2,36	0,43	2,34	0,43	2,30	0,44
	1680	2,32	0,43	2,30	0,43	2,28	0,44	2,23	0,45	2,35	0,43	2,34	0,43	2,32	0,43	2,28	0,44
	1840	2,31	0,43	2,29	0,44	2,27	0,44	2,22	0,45	2,33	0,43	2,32	0,43	2,30	0,43	2,26	0,44
	2000	2,29	0,44	2,27	0,44	2,25	0,44	2,21	0,45	2,31	0,43	2,30	0,44	2,29	0,44	2,25	0,44
	2160	2,27	0,44	2,26	0,44	2,24	0,45	2,20	0,45	2,30	0,44	2,28	0,44	2,27	0,44	2,24	0,45
R13 batt	1360	2,54	0,39	2,52	0,40	2,49	0,40	2,44	0,41	2,57	0,39	2,56	0,39	2,54	0,39	2,49	0,40
	1520	2,52	0,40	2,50	0,40	2,48	0,40	2,42	0,41	2,55	0,39	2,53	0,39	2,52	0,40	2,47	0,40
	1680	2,50	0,40	2,48	0,40	2,46	0,41	2,41	0,41	2,53	0,40	2,51	0,40	2,50	0,40	2,46	0,41
	1840	2,48	0,40	2,46	0,40	2,44	0,41	2,40	0,41	2,51	0,40	2,49	0,40	2,48	0,40	2,44	0,41
	2000	2,46	0,40	2,45	0,41	2,43	0,41	2,38	0,42	2,49	0,40	2,48	0,40	2,46	0,40	2,43	0,41
	2160	2,45	0,41	2,43	0,41	2,42	0,41	2,38	0,42	2,47	0,40	2,46	0,41	2,45	0,41	2,41	0,41

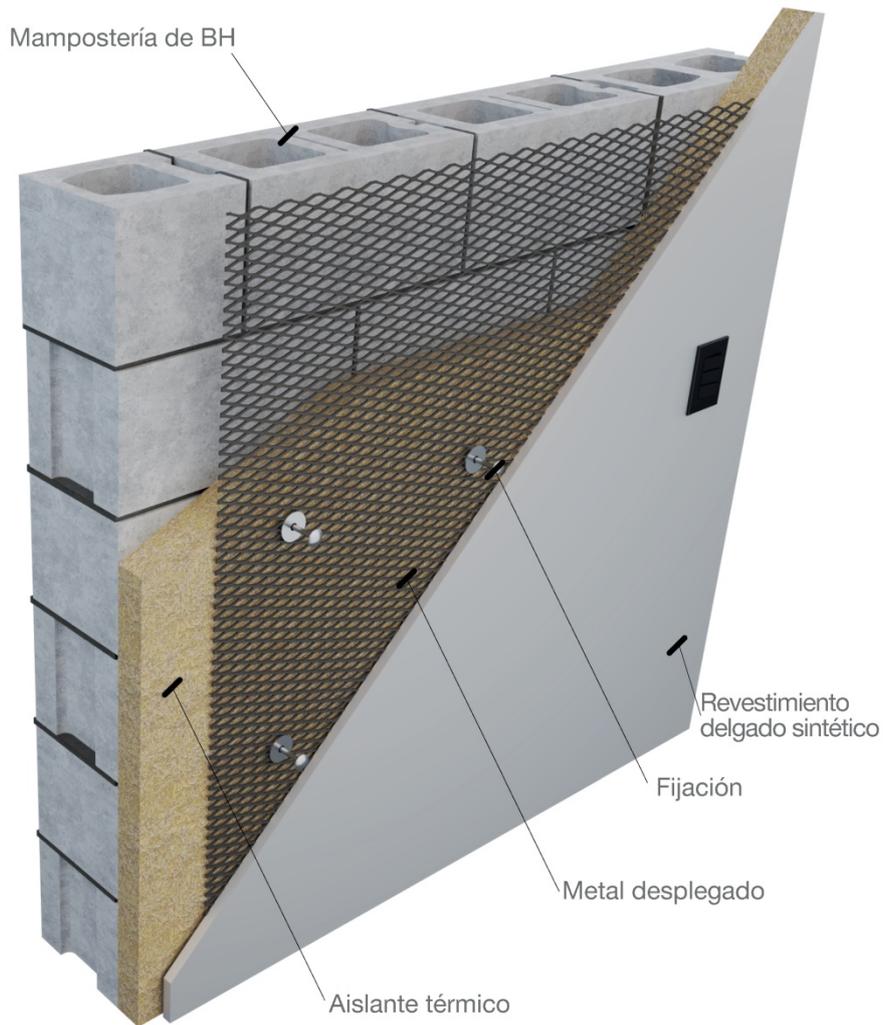
Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 0,70 m K/W para las placas de EPS y de 1,25 m K/W para las placas de PIR.

El aislamiento Batt se compone de una manta de fibra de vidrio o lana mineral, y de acuerdo a su composición provee diferentes grados de resistencia térmica. En su denominación, el número que acompaña a "R" corresponde a la resistencia térmica expresada en h ft² F/Btu (1 h ft² F/Btu equivale a 0,176 m² K/W); por lo tanto, cuanto mayor es el número que acompaña a "R", mayor es la resistencia térmica que ofrece. Asimismo, se pueden utilizar en varias capas para obtener un valor de R total mayor.

1.7 Muro de bloques de hormigón con sistema de acabado y aislamiento exterior continuo, cara interior a la vista (EIFS-SATE).

En este caso el aislamiento térmico se realiza en la cara exterior de la pared mediante una placa continua de material aislante (por ejemplo, de poliestireno expandido - EPS), utilizando mallas de fibra de vidrio para aplicar los morteros adherentes y de terminación, como así también se emplean tacos de plástico para fijar estas placas contra el muro. El aislante puede variar en espesor y en densidad, con el objetivo de lograr los valores de R y K consistentes con lo requerido.

Como alternativa la cara interior puede ser revestida, incluyendo algún material aislante adicional.



Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K)

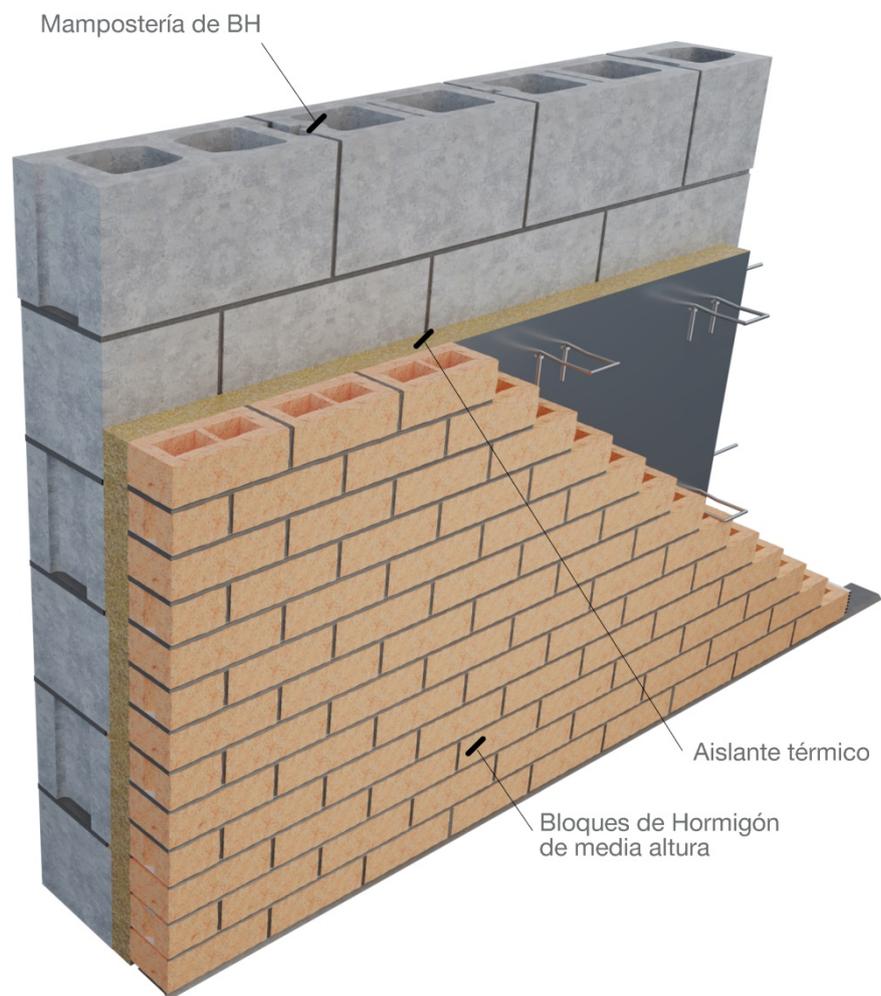
Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
PIR 1"	1360	1,63	0,61	1,61	0,62	1,59	0,63	1,53	0,65	1,66	0,60	1,65	0,61	1,63	0,61	1,59	0,63
	1520	1,61	0,62	1,59	0,63	1,57	0,64	1,52	0,66	1,64	0,61	1,63	0,61	1,61	0,62	1,57	0,64
	1680	1,59	0,63	1,57	0,64	1,55	0,64	1,50	0,66	1,62	0,62	1,61	0,62	1,59	0,63	1,55	0,65
	1840	1,58	0,64	1,56	0,64	1,54	0,65	1,49	0,67	1,60	0,62	1,59	0,63	1,57	0,64	1,53	0,65
	2000	1,56	0,64	1,54	0,65	1,52	0,66	1,48	0,68	1,58	0,63	1,57	0,64	1,56	0,64	1,52	0,66
	2160	1,54	0,65	1,53	0,65	1,51	0,66	1,47	0,68	1,56	0,64	1,55	0,64	1,54	0,65	1,51	0,66
EPS 1 1/2"	1360	1,51	0,66	1,49	0,67	1,46	0,68	1,41	0,71	1,54	0,65	1,53	0,65	1,51	0,66	1,46	0,68
	1520	1,49	0,67	1,47	0,68	1,45	0,69	1,39	0,72	1,52	0,66	1,50	0,66	1,49	0,67	1,44	0,69
	1680	1,47	0,68	1,45	0,69	1,43	0,70	1,38	0,73	1,50	0,67	1,48	0,68	1,47	0,68	1,43	0,70
	1840	1,45	0,69	1,43	0,70	1,42	0,70	1,37	0,73	1,48	0,68	1,46	0,68	1,45	0,69	1,41	0,71
	2000	1,43	0,70	1,42	0,70	1,40	0,72	1,36	0,74	1,46	0,69	1,45	0,69	1,43	0,70	1,40	0,72
	2160	1,42	0,70	1,40	0,72	1,39	0,72	1,35	0,74	1,44	0,69	1,43	0,70	1,42	0,70	1,38	0,72
EPS 2"	1360	1,86	0,54	1,84	0,55	1,82	0,55	1,76	0,57	1,89	0,53	1,88	0,53	1,86	0,54	1,81	0,55
	1520	1,84	0,55	1,82	0,55	1,80	0,56	1,74	0,57	1,87	0,53	1,86	0,54	1,84	0,55	1,80	0,56
	1680	1,82	0,55	1,80	0,56	1,78	0,56	1,73	0,58	1,85	0,54	1,84	0,55	1,82	0,55	1,78	0,56
	1840	1,80	0,56	1,78	0,56	1,77	0,57	1,72	0,58	1,83	0,55	1,82	0,55	1,80	0,56	1,76	0,57
	2000	1,79	0,56	1,77	0,56	1,75	0,57	1,71	0,58	1,81	0,55	1,80	0,56	1,78	0,56	1,75	0,57
	2160	1,77	0,57	1,75	0,57	1,74	0,57	1,70	0,59	1,79	0,56	1,78	0,56	1,77	0,56	1,74	0,57

Valores de resistencia térmica R ($m^2 K/W$) y transmitancia térmica K ($W/m^2 K$) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
PIR 2"	1360	2,99	0,34	2,97	0,34	2,94	0,34	2,89	0,35	3,02	0,33	3,00	0,34	2,99	0,34	2,94	0,34
	1520	2,97	0,34	2,95	0,34	2,93	0,34	2,87	0,35	3,00	0,34	2,98	0,34	2,97	0,34	2,92	0,34
	1680	2,95	0,34	2,93	0,34	2,91	0,35	2,86	0,35	2,98	0,34	2,96	0,34	2,95	0,34	2,90	0,35
	1840	2,93	0,34	2,91	0,34	2,89	0,35	2,84	0,35	2,96	0,34	2,94	0,34	2,93	0,34	2,89	0,35
	2000	2,91	0,34	2,90	0,35	2,88	0,35	2,83	0,35	2,94	0,34	2,93	0,34	2,91	0,34	2,87	0,35
	2160	2,90	0,35	2,88	0,35	2,87	0,35	2,82	0,35	2,92	0,34	2,91	0,35	2,90	0,35	2,86	0,35
EPS 3"	1360	2,56	0,39	2,54	0,39	2,52	0,40	2,46	0,40	2,60	0,39	2,58	0,39	2,56	0,39	2,52	0,40
	1520	2,54	0,39	2,52	0,40	2,50	0,40	2,45	0,41	2,57	0,39	2,56	0,39	2,54	0,39	2,50	0,40
	1680	2,53	0,40	2,51	0,40	2,49	0,40	2,43	0,41	2,55	0,39	2,54	0,39	2,52	0,40	2,48	0,40
	1840	2,51	0,40	2,49	0,40	2,47	0,40	2,42	0,41	2,53	0,39	2,52	0,40	2,50	0,40	2,47	0,40
	2000	2,49	0,40	2,47	0,40	2,46	0,41	2,41	0,41	2,52	0,40	2,50	0,40	2,49	0,40	2,45	0,41
	2160	2,47	0,40	2,46	0,41	2,44	0,41	2,40	0,41	2,50	0,40	2,49	0,40	2,47	0,40	2,44	0,41
PIR 3"	1360	4,18	0,24	4,16	0,24	4,14	0,24	4,08	0,24	4,22	0,24	4,20	0,24	4,18	0,24	4,14	0,24
	1520	4,16	0,24	4,14	0,24	4,12	0,24	4,07	0,24	4,19	0,24	4,18	0,24	4,16	0,24	4,12	0,24
	1680	4,14	0,24	4,13	0,24	4,11	0,24	4,05	0,24	4,17	0,24	4,16	0,24	4,14	0,24	4,10	0,24
	1840	4,13	0,24	4,11	0,24	4,09	0,24	4,04	0,25	4,15	0,24	4,14	0,24	4,12	0,24	4,08	0,24
	2000	4,11	0,24	4,09	0,24	4,07	0,24	4,03	0,25	4,13	0,24	4,12	0,24	4,11	0,24	4,07	0,24
	2160	4,09	0,24	4,08	0,24	4,06	0,24	4,02	0,25	4,12	0,24	4,11	0,24	4,09	0,24	4,06	0,24

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 0,70 m K/W para las placas de EPS y de 1,25 m K/W para las placas de PIR.

1.8 Muro compuesto formado por una mampostería de BH, un enchapado exterior de bloques de hormigón de media altura (half block), y un aislante térmico entre los dos anteriores.



Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 1"	1360	1,63	0,61	1,61	0,62	1,59	0,63	1,53	0,65	1,66	0,60	1,64	0,61	1,63	0,61	1,58	0,63
	1520	1,62	0,62	1,59	0,62	1,57	0,64	1,51	0,66	1,64	0,61	1,62	0,61	1,61	0,62	1,56	0,64
	1680	1,60	0,62	1,58	0,64	1,56	0,64	1,50	0,66	1,62	0,62	1,61	0,62	1,59	0,63	1,55	0,65
	1840	1,58	0,63	1,56	0,64	1,54	0,65	1,49	0,67	1,61	0,62	1,59	0,63	1,57	0,64	1,53	0,65
	2000	1,57	0,64	1,55	0,65	1,53	0,65	1,48	0,68	1,59	0,63	1,58	0,64	1,56	0,64	1,52	0,66
	2160	1,56	0,64	1,54	0,65	1,52	0,66	1,47	0,68	1,58	0,64	1,56	0,64	1,55	0,65	1,51	0,66
PUR 1"	1360	1,95	0,51	1,93	0,52	1,90	0,52	1,84	0,54	1,98	0,51	1,96	0,51	1,94	0,52	1,90	0,53
	1520	1,93	0,52	1,91	0,52	1,89	0,53	1,83	0,55	1,96	0,51	1,94	0,52	1,92	0,52	1,88	0,53
	1680	1,91	0,52	1,89	0,53	1,87	0,53	1,82	0,55	1,94	0,52	1,92	0,52	1,91	0,52	1,86	0,54
	1840	1,90	0,53	1,88	0,53	1,86	0,54	1,81	0,55	1,92	0,52	1,91	0,52	1,89	0,53	1,85	0,54
	2000	1,89	0,53	1,87	0,53	1,85	0,54	1,80	0,56	1,91	0,52	1,89	0,53	1,88	0,53	1,84	0,55
	2160	1,87	0,53	1,86	0,54	1,84	0,55	1,79	0,56	1,89	0,53	1,88	0,53	1,86	0,53	1,82	0,55
PIR 1"	1360	2,25	0,44	2,23	0,45	2,21	0,45	2,15	0,47	2,28	0,44	2,27	0,44	2,25	0,44	2,20	0,45
	1520	2,24	0,45	2,21	0,45	2,19	0,45	2,13	0,47	2,26	0,44	2,25	0,44	2,23	0,45	2,18	0,46
	1680	2,22	0,45	2,20	0,45	2,18	0,46	2,12	0,47	2,24	0,44	2,23	0,45	2,21	0,45	2,17	0,46
	1840	2,21	0,45	2,18	0,46	2,16	0,46	2,11	0,47	2,23	0,45	2,21	0,45	2,19	0,45	2,15	0,47
	2000	2,19	0,45	2,17	0,46	2,15	0,47	2,10	0,48	2,21	0,45	2,20	0,45	2,18	0,46	2,14	0,47
	2160	2,18	0,46	2,16	0,47	2,14	0,47	2,09	0,48	2,20	0,45	2,18	0,46	2,17	0,46	2,13	0,47

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 1 1/2"	1360	2,07	0,48	2,05	0,49	2,03	0,49	1,97	0,51	2,10	0,48	2,08	0,48	2,07	0,48	2,02	0,49
	1520	2,06	0,49	2,03	0,49	2,01	0,50	1,95	0,51	2,08	0,48	2,06	0,48	2,05	0,49	2,00	0,50
	1680	2,04	0,49	2,02	0,49	2,00	0,50	1,94	0,52	2,06	0,48	2,05	0,49	2,03	0,49	1,99	0,51
	1840	2,02	0,49	2,00	0,50	1,98	0,51	1,93	0,52	2,05	0,49	2,03	0,49	2,01	0,49	1,97	0,51
	2000	2,01	0,50	1,99	0,50	1,97	0,51	1,92	0,52	2,03	0,49	2,02	0,49	2,00	0,50	1,96	0,51
	2160	2,00	0,50	1,98	0,51	1,96	0,51	1,91	0,52	2,02	0,49	2,00	0,50	1,99	0,51	1,95	0,51
PUR 1 1/2"	1360	2,49	0,40	2,47	0,40	2,45	0,41	2,39	0,42	2,52	0,40	2,51	0,40	2,49	0,40	2,44	0,41
	1520	2,48	0,40	2,46	0,41	2,43	0,41	2,38	0,42	2,50	0,40	2,49	0,40	2,47	0,40	2,42	0,41
	1680	2,46	0,41	2,44	0,41	2,42	0,41	2,36	0,42	2,48	0,40	2,47	0,40	2,45	0,41	2,41	0,41
	1840	2,45	0,41	2,43	0,41	2,40	0,41	2,35	0,43	2,47	0,40	2,45	0,41	2,44	0,41	2,39	0,42
	2000	2,43	0,41	2,41	0,41	2,39	0,42	2,34	0,43	2,45	0,41	2,44	0,41	2,42	0,41	2,38	0,42
	2160	2,42	0,41	2,40	0,41	2,38	0,42	2,33	0,43	2,44	0,41	2,42	0,41	2,41	0,41	2,37	0,42
PIR 1 1/2"	1360	2,92	0,34	2,90	0,35	2,88	0,35	2,82	0,35	2,95	0,34	2,93	0,34	2,92	0,34	2,87	0,35
	1520	2,91	0,35	2,88	0,35	2,86	0,35	2,80	0,36	2,93	0,34	2,91	0,34	2,90	0,35	2,85	0,35
	1680	2,89	0,35	2,87	0,35	2,85	0,35	2,79	0,36	2,91	0,34	2,90	0,35	2,88	0,35	2,84	0,35
	1840	2,87	0,35	2,85	0,35	2,83	0,35	2,78	0,36	2,90	0,35	2,88	0,35	2,86	0,35	2,82	0,35
	2000	2,86	0,35	2,84	0,35	2,82	0,35	2,77	0,36	2,88	0,35	2,87	0,35	2,85	0,35	2,81	0,36
	2160	2,85	0,35	2,83	0,35	2,81	0,36	2,76	0,36	2,87	0,35	2,85	0,35	2,84	0,35	2,80	0,36

Valores de resistencia térmica R ($m^2 K/W$) y transmitancia térmica K ($W/m^2 K$) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 2"	1360	2,51	0,40	2,49	0,40	2,47	0,40	2,41	0,41	2,54	0,39	2,52	0,40	2,51	0,40	2,46	0,41
	1520	2,50	0,40	2,47	0,40	2,45	0,41	2,39	0,42	2,52	0,40	2,50	0,40	2,49	0,40	2,44	0,41
	1680	2,48	0,40	2,46	0,41	2,44	0,41	2,38	0,42	2,50	0,40	2,49	0,40	2,47	0,40	2,43	0,41
	1840	2,46	0,40	2,44	0,41	2,42	0,41	2,37	0,42	2,49	0,40	2,47	0,40	2,45	0,41	2,41	0,41
	2000	2,45	0,41	2,43	0,41	2,41	0,41	2,36	0,43	2,47	0,40	2,46	0,41	2,44	0,41	2,40	0,41
	2160	2,44	0,41	2,42	0,41	2,40	0,41	2,35	0,43	2,46	0,41	2,44	0,41	2,43	0,41	2,39	0,42
PUR 2"	1360	3,04	0,33	3,02	0,33	3,00	0,34	2,94	0,34	3,07	0,32	3,05	0,33	3,03	0,33	2,99	0,34
	1520	3,02	0,33	3,00	0,34	2,98	0,34	2,92	0,34	3,05	0,33	3,03	0,33	3,01	0,33	2,97	0,34
	1680	3,01	0,34	2,98	0,34	2,96	0,34	2,91	0,35	3,03	0,33	3,01	0,33	3,00	0,34	2,95	0,34
	1840	2,99	0,34	2,97	0,34	2,95	0,34	2,90	0,35	3,01	0,33	3,00	0,34	2,98	0,34	2,94	0,34
	2000	2,98	0,34	2,96	0,34	2,94	0,34	2,89	0,35	3,00	0,34	2,98	0,34	2,97	0,34	2,93	0,34
	2160	2,97	0,34	2,95	0,34	2,93	0,34	2,88	0,35	2,98	0,34	2,97	0,34	2,96	0,34	2,91	0,34
PIR 2"	1360	3,61	0,28	3,59	0,28	3,56	0,28	3,50	0,28	3,64	0,27	3,62	0,28	3,60	0,28	3,56	0,28
	1520	3,59	0,28	3,57	0,28	3,55	0,28	3,49	0,28	3,62	0,28	3,60	0,28	3,58	0,28	3,54	0,28
	1680	3,57	0,28	3,55	0,28	3,53	0,28	3,48	0,29	3,60	0,28	3,58	0,28	3,57	0,28	3,52	0,28
	1840	3,56	0,28	3,54	0,28	3,52	0,28	3,47	0,29	3,58	0,28	3,57	0,28	3,55	0,28	3,51	0,28
	2000	3,55	0,28	3,53	0,28	3,51	0,28	3,45	0,29	3,57	0,28	3,55	0,28	3,54	0,28	3,50	0,28
	2160	3,53	0,28	3,51	0,28	3,50	0,28	3,45	0,29	3,55	0,28	3,54	0,28	3,52	0,28	3,48	0,29

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 2 1/2"	1360	2,95	0,34	2,93	0,34	2,91	0,34	2,85	0,35	2,99	0,34	2,97	0,34	2,95	0,34	2,91	0,35
	1520	2,93	0,34	2,91	0,34	2,89	0,35	2,84	0,35	2,96	0,34	2,95	0,34	2,93	0,34	2,89	0,35
	1680	2,91	0,34	2,90	0,35	2,88	0,35	2,82	0,35	2,94	0,34	2,93	0,34	2,91	0,34	2,87	0,35
	1840	2,90	0,35	2,88	0,35	2,86	0,35	2,81	0,36	2,92	0,34	2,91	0,34	2,89	0,35	2,85	0,35
	2000	2,88	0,35	2,86	0,35	2,84	0,35	2,80	0,36	2,90	0,35	2,89	0,35	2,88	0,35	2,84	0,35
	2160	2,86	0,35	2,85	0,35	2,83	0,35	2,79	0,36	2,89	0,35	2,88	0,35	2,86	0,35	2,83	0,35
PUR 2 1/2"	1360	3,57	0,28	3,55	0,28	3,53	0,28	3,47	0,29	3,60	0,28	3,59	0,28	3,57	0,28	3,52	0,28
	1520	3,55	0,28	3,53	0,28	3,51	0,28	3,45	0,29	3,58	0,28	3,56	0,28	3,55	0,28	3,50	0,28
	1680	3,53	0,28	3,51	0,28	3,49	0,28	3,44	0,29	3,56	0,28	3,54	0,28	3,53	0,28	3,49	0,28
	1840	3,51	0,28	3,49	0,28	3,48	0,29	3,43	0,29	3,54	0,28	3,53	0,28	3,51	0,28	3,47	0,29
	2000	3,50	0,28	3,48	0,29	3,46	0,29	3,42	0,30	3,52	0,28	3,51	0,28	3,49	0,28	3,46	0,29
	2160	3,48	0,29	3,46	0,29	3,45	0,29	3,41	0,30	3,50	0,28	3,49	0,28	3,48	0,29	3,44	0,29
PIR 2 1/2"	1360	4,21	0,24	4,19	0,24	4,16	0,24	4,11	0,24	4,24	0,23	4,23	0,24	4,21	0,24	4,16	0,24
	1520	4,19	0,24	4,17	0,24	4,15	0,24	4,09	0,24	4,22	0,24	4,20	0,24	4,19	0,24	4,14	0,24
	1680	4,17	0,24	4,15	0,24	4,13	0,24	4,08	0,24	4,20	0,24	4,18	0,24	4,17	0,24	4,13	0,24
	1840	4,15	0,24	4,13	0,24	4,11	0,24	4,07	0,24	4,18	0,24	4,16	0,24	4,15	0,24	4,11	0,24
	2000	4,13	0,24	4,12	0,24	4,10	0,24	4,06	0,24	4,16	0,24	4,15	0,24	4,13	0,24	4,10	0,24
	2160	4,12	0,24	4,10	0,24	4,09	0,24	4,05	0,25	4,14	0,24	4,13	0,24	4,12	0,24	4,08	0,24

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

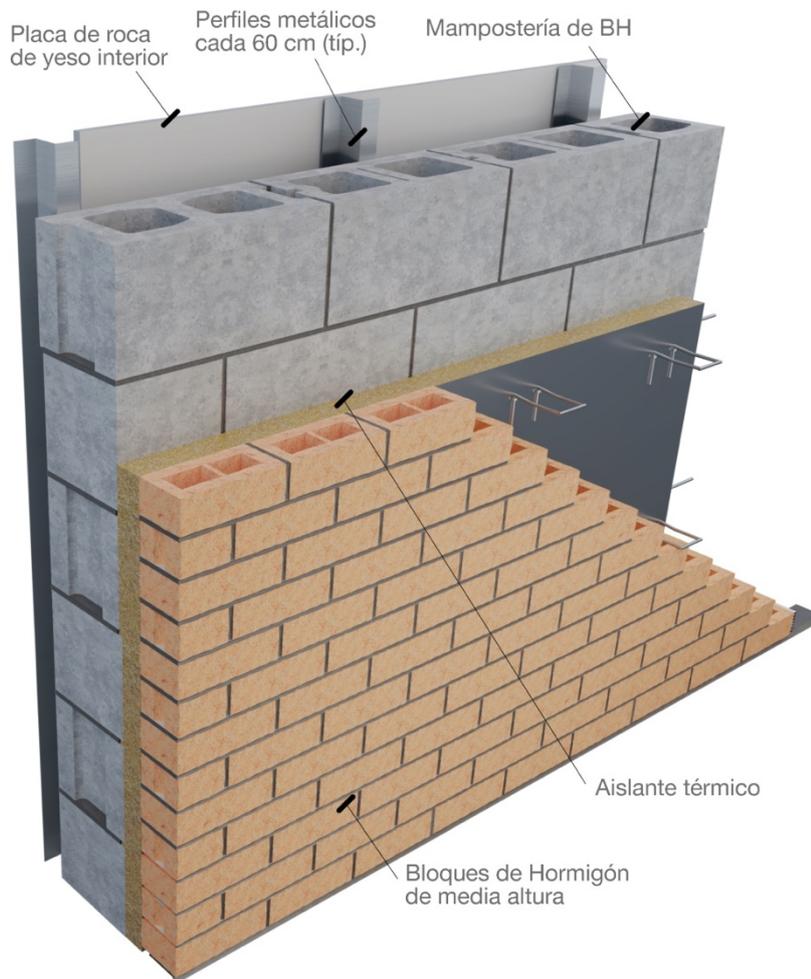
Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 3"	1360	3,39	0,30	3,37	0,30	3,35	0,30	3,29	0,30	3,43	0,29	3,41	0,30	3,39	0,30	3,35	0,30
	1520	3,37	0,30	3,35	0,30	3,33	0,30	3,28	0,31	3,40	0,30	3,39	0,30	3,37	0,30	3,33	0,30
	1680	3,35	0,30	3,34	0,30	3,32	0,30	3,26	0,31	3,38	0,30	3,37	0,30	3,35	0,30	3,31	0,30
	1840	3,34	0,30	3,32	0,30	3,30	0,30	3,25	0,31	3,36	0,30	3,35	0,30	3,33	0,30	3,29	0,30
	2000	3,32	0,30	3,30	0,30	3,28	0,31	3,24	0,31	3,34	0,30	3,33	0,30	3,32	0,30	3,28	0,31
	2160	3,30	0,30	3,29	0,31	3,27	0,31	3,23	0,31	3,33	0,30	3,32	0,30	3,30	0,30	3,27	0,31
PUR 3"	1360	4,10	0,24	4,08	0,24	4,05	0,24	4,00	0,25	4,13	0,24	4,11	0,24	4,10	0,24	4,05	0,24
	1520	4,08	0,24	4,06	0,24	4,04	0,25	3,98	0,25	4,11	0,24	4,09	0,24	4,08	0,24	4,03	0,25
	1680	4,06	0,24	4,04	0,25	4,02	0,25	3,97	0,25	4,09	0,24	4,07	0,24	4,06	0,24	4,01	0,25
	1840	4,04	0,25	4,02	0,25	4,00	0,25	3,95	0,25	4,07	0,24	4,05	0,24	4,04	0,25	4,00	0,25
	2000	4,02	0,25	4,01	0,25	3,99	0,25	3,94	0,26	4,05	0,24	4,04	0,25	4,02	0,25	3,98	0,25
	2160	4,01	0,25	3,99	0,25	3,98	0,25	3,94	0,26	4,03	0,25	4,02	0,25	4,01	0,25	3,97	0,25
PIR 3"	1360	4,81	0,21	4,79	0,21	4,76	0,21	4,71	0,21	4,84	0,20	4,82	0,20	4,81	0,21	4,76	0,21
	1520	4,79	0,21	4,77	0,21	4,74	0,21	4,69	0,22	4,82	0,21	4,80	0,21	4,79	0,21	4,74	0,21
	1680	4,77	0,21	4,75	0,21	4,73	0,21	4,68	0,22	4,80	0,21	4,78	0,21	4,77	0,21	4,72	0,21
	1840	4,75	0,21	4,73	0,21	4,71	0,21	4,66	0,22	4,78	0,21	4,76	0,21	4,75	0,21	4,71	0,21
	2000	4,73	0,21	4,72	0,21	4,70	0,21	4,65	0,22	4,76	0,21	4,74	0,21	4,73	0,21	4,69	0,21
	2160	4,72	0,21	4,70	0,21	4,69	0,22	4,64	0,22	4,74	0,21	4,73	0,21	4,72	0,21	4,68	0,22

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 3 1/2"	1360	3,83	0,26	3,81	0,26	3,79	0,26	3,73	0,27	3,87	0,26	3,85	0,26	3,83	0,26	3,79	0,26
	1520	3,81	0,26	3,79	0,26	3,77	0,27	3,72	0,27	3,84	0,26	3,83	0,26	3,81	0,26	3,77	0,27
	1680	3,79	0,26	3,78	0,27	3,76	0,27	3,70	0,27	3,82	0,26	3,81	0,26	3,79	0,26	3,75	0,27
	1840	3,78	0,27	3,76	0,27	3,74	0,27	3,69	0,27	3,80	0,26	3,79	0,26	3,77	0,27	3,73	0,27
	2000	3,76	0,27	3,74	0,27	3,72	0,27	3,68	0,27	3,78	0,27	3,77	0,27	3,76	0,27	3,72	0,27
	2160	3,74	0,27	3,73	0,27	3,71	0,27	3,67	0,27	3,77	0,27	3,76	0,27	3,74	0,27	3,71	0,27
PUR 3 1/2"	1360	4,63	0,22	4,60	0,22	4,58	0,22	4,52	0,22	4,66	0,22	4,64	0,22	4,63	0,22	4,58	0,22
	1520	4,61	0,22	4,58	0,22	4,56	0,22	4,51	0,22	4,64	0,22	4,62	0,22	4,60	0,22	4,56	0,22
	1680	4,59	0,22	4,57	0,22	4,55	0,22	4,50	0,22	4,61	0,22	4,60	0,22	4,58	0,22	4,54	0,22
	1840	4,57	0,22	4,55	0,22	4,53	0,22	4,48	0,22	4,60	0,22	4,58	0,22	4,57	0,22	4,53	0,22
	2000	4,55	0,22	4,53	0,22	4,52	0,22	4,47	0,22	4,58	0,22	4,56	0,22	4,55	0,22	4,51	0,22
	2160	4,53	0,22	4,52	0,22	4,50	0,22	4,46	0,22	4,56	0,22	4,55	0,22	4,53	0,22	4,50	0,22
PIR 3 1/2"	1360	5,40	0,19	5,38	0,19	5,36	0,19	5,30	0,19	5,44	0,18	5,42	0,18	5,40	0,19	5,36	0,19
	1520	5,39	0,19	5,36	0,19	5,34	0,19	5,29	0,19	5,42	0,19	5,40	0,19	5,38	0,19	5,34	0,19
	1680	5,37	0,19	5,35	0,19	5,33	0,19	5,27	0,19	5,39	0,19	5,38	0,19	5,36	0,19	5,32	0,19
	1840	5,35	0,19	5,33	0,19	5,31	0,19	5,26	0,19	5,38	0,19	5,36	0,19	5,35	0,19	5,31	0,19
	2000	5,33	0,19	5,31	0,19	5,30	0,19	5,25	0,19	5,36	0,19	5,34	0,19	5,33	0,19	5,29	0,19
	2160	5,31	0,19	5,30	0,19	5,28	0,19	5,24	0,19	5,34	0,19	5,33	0,19	5,31	0,19	5,28	0,19

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 0,70 m K/W para las placas de EPS, de 1,04 m K/W para el PUR proyectado y de 1,25 m K/W para las placas de PIR.

1.9 Muro compuesto formado por una mampostería de BH, un enchapado exterior de bloques de hormigón de media altura (half block), un aislante térmico entre los dos anteriores, y un revestimiento interior de placa de roca de yeso de ½ pulgada de espesor.



Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 1"	1360	1,83	0,55	1,81	0,55	1,78	0,56	1,73	0,58	1,86	0,54	1,84	0,54	1,83	0,55	1,78	0,56
	1520	1,81	0,55	1,79	0,56	1,77	0,57	1,71	0,58	1,84	0,55	1,82	0,55	1,81	0,55	1,76	0,57
	1680	1,79	0,56	1,77	0,56	1,75	0,57	1,70	0,59	1,82	0,55	1,80	0,56	1,79	0,56	1,74	0,57
	1840	1,77	0,56	1,75	0,57	1,73	0,58	1,68	0,59	1,80	0,56	1,78	0,56	1,77	0,57	1,73	0,58
	2000	1,75	0,57	1,74	0,57	1,72	0,58	1,67	0,60	1,78	0,56	1,77	0,57	1,75	0,57	1,71	0,58
	2160	1,74	0,57	1,72	0,58	1,71	0,58	1,66	0,60	1,76	0,57	1,75	0,57	1,74	0,57	1,70	0,58
PUR 1"	1360	2,14	0,47	2,12	0,47	2,10	0,48	2,04	0,49	2,18	0,46	2,16	0,46	2,14	0,47	2,10	0,48
	1520	2,12	0,47	2,10	0,48	2,08	0,48	2,03	0,49	2,15	0,47	2,14	0,47	2,12	0,47	2,08	0,48
	1680	2,10	0,48	2,09	0,48	2,07	0,48	2,01	0,49	2,13	0,47	2,12	0,47	2,10	0,48	2,06	0,48
	1840	2,09	0,48	2,07	0,48	2,05	0,49	2,00	0,50	2,11	0,47	2,10	0,48	2,08	0,48	2,05	0,49
	2000	2,07	0,48	2,05	0,49	2,03	0,49	1,99	0,50	2,09	0,48	2,08	0,48	2,07	0,48	2,03	0,49
	2160	2,05	0,49	2,04	0,49	2,02	0,49	1,98	0,51	2,08	0,48	2,07	0,48	2,05	0,49	2,02	0,49
PIR 1"	1360	2,45	0,41	2,43	0,41	2,40	0,41	2,35	0,43	2,48	0,40	2,47	0,40	2,45	0,41	2,40	0,41
	1520	2,43	0,41	2,41	0,41	2,39	0,42	2,33	0,43	2,46	0,41	2,44	0,41	2,43	0,41	2,38	0,42
	1680	2,41	0,41	2,39	0,42	2,37	0,42	2,32	0,43	2,44	0,41	2,42	0,41	2,41	0,41	2,37	0,42
	1840	2,39	0,42	2,37	0,42	2,35	0,43	2,31	0,43	2,42	0,41	2,40	0,41	2,39	0,42	2,35	0,43
	2000	2,37	0,42	2,36	0,43	2,34	0,43	2,30	0,44	2,40	0,41	2,39	0,42	2,37	0,42	2,34	0,43
	2160	2,36	0,43	2,34	0,43	2,33	0,43	2,29	0,44	2,38	0,42	2,37	0,42	2,36	0,43	2,32	0,43

Valores de resistencia térmica R ($m^2 K/W$) y transmitancia térmica K ($W/m^2 K$) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH kg/m ³	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
		R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 1 1/2"	1360	2,27	0,44	2,25	0,44	2,22	0,45	2,17	0,46	2,30	0,44	2,28	0,44	2,27	0,44	2,22	0,45
	1520	2,25	0,44	2,23	0,45	2,21	0,45	2,15	0,47	2,28	0,44	2,26	0,44	2,25	0,44	2,20	0,45
	1680	2,23	0,45	2,21	0,45	2,19	0,45	2,14	0,47	2,26	0,44	2,24	0,45	2,23	0,45	2,18	0,46
	1840	2,21	0,45	2,19	0,45	2,17	0,46	2,12	0,47	2,24	0,45	2,22	0,45	2,21	0,45	2,17	0,46
	2000	2,19	0,45	2,18	0,46	2,16	0,47	2,11	0,47	2,22	0,45	2,21	0,45	2,19	0,45	2,15	0,47
	2160	2,18	0,46	2,16	0,46	2,15	0,47	2,10	0,48	2,20	0,45	2,19	0,45	2,18	0,46	2,14	0,47
PUR 1 1/2"	1360	2,69	0,37	2,67	0,37	2,65	0,38	2,59	0,39	2,72	0,37	2,71	0,37	2,69	0,37	2,64	0,38
	1520	2,67	0,37	2,65	0,37	2,63	0,38	2,57	0,39	2,70	0,37	2,68	0,37	2,67	0,37	2,62	0,38
	1680	2,65	0,37	2,63	0,38	2,61	0,38	2,56	0,39	2,68	0,37	2,66	0,37	2,65	0,37	2,61	0,39
	1840	2,63	0,38	2,61	0,38	2,60	0,39	2,55	0,39	2,66	0,37	2,65	0,38	2,63	0,38	2,59	0,39
	2000	2,62	0,38	2,60	0,39	2,58	0,39	2,54	0,39	2,64	0,38	2,63	0,38	2,61	0,38	2,58	0,39
	2160	2,60	0,39	2,58	0,39	2,57	0,39	2,53	0,40	2,62	0,38	2,61	0,38	2,60	0,39	2,56	0,39
PIR 1 1/2"	1360	3,12	0,32	3,10	0,32	3,07	0,32	3,02	0,33	3,15	0,32	3,13	0,32	3,12	0,32	3,07	0,32
	1520	3,10	0,32	3,08	0,32	3,06	0,33	3,00	0,34	3,13	0,32	3,11	0,32	3,10	0,32	3,05	0,33
	1680	3,08	0,32	3,06	0,33	3,04	0,33	2,99	0,34	3,11	0,32	3,09	0,32	3,08	0,32	3,03	0,33
	1840	3,06	0,33	3,04	0,33	3,02	0,33	2,97	0,34	3,09	0,32	3,07	0,32	3,06	0,33	3,02	0,33
	2000	3,04	0,33	3,03	0,33	3,01	0,34	2,96	0,34	3,07	0,32	3,06	0,33	3,04	0,33	3,00	0,34
	2160	3,03	0,33	3,01	0,33	3,00	0,34	2,96	0,34	3,05	0,33	3,04	0,33	3,03	0,33	2,99	0,34

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 2"	1360	2,71	0,37	2,69	0,37	2,66	0,37	2,61	0,39	2,74	0,36	2,72	0,37	2,71	0,37	2,66	0,37
	1520	2,69	0,37	2,67	0,37	2,65	0,38	2,59	0,39	2,72	0,37	2,70	0,37	2,69	0,37	2,64	0,38
	1680	2,67	0,37	2,65	0,37	2,63	0,38	2,58	0,39	2,70	0,37	2,68	0,37	2,67	0,37	2,62	0,38
	1840	2,65	0,37	2,63	0,38	2,61	0,38	2,56	0,39	2,68	0,37	2,66	0,37	2,65	0,37	2,61	0,38
	2000	2,63	0,38	2,62	0,38	2,60	0,39	2,55	0,39	2,66	0,37	2,65	0,38	2,63	0,38	2,59	0,39
	2160	2,62	0,38	2,60	0,39	2,59	0,39	2,54	0,39	2,64	0,38	2,63	0,38	2,62	0,38	2,58	0,39
PUR 2"	1360	3,23	0,31	3,21	0,31	3,19	0,31	3,13	0,32	3,27	0,31	3,25	0,31	3,23	0,31	3,19	0,31
	1520	3,22	0,31	3,19	0,31	3,17	0,31	3,12	0,32	3,25	0,31	3,23	0,31	3,21	0,31	3,17	0,32
	1680	3,20	0,31	3,18	0,31	3,16	0,32	3,10	0,32	3,22	0,31	3,21	0,31	3,19	0,31	3,15	0,32
	1840	3,18	0,31	3,16	0,32	3,14	0,32	3,09	0,32	3,20	0,31	3,19	0,31	3,18	0,31	3,14	0,32
	2000	3,16	0,32	3,14	0,32	3,13	0,32	3,08	0,32	3,19	0,31	3,17	0,31	3,16	0,32	3,12	0,32
	2160	3,14	0,32	3,13	0,32	3,11	0,32	3,07	0,32	3,17	0,32	3,16	0,32	3,14	0,32	3,11	0,32
PIR 2"	1360	3,80	0,26	3,78	0,27	3,76	0,27	3,70	0,27	3,84	0,26	3,82	0,26	3,80	0,26	3,76	0,27
	1520	3,78	0,27	3,76	0,27	3,74	0,27	3,69	0,27	3,81	0,26	3,80	0,26	3,78	0,27	3,74	0,27
	1680	3,76	0,27	3,75	0,27	3,73	0,27	3,67	0,27	3,79	0,26	3,78	0,27	3,76	0,27	3,72	0,27
	1840	3,75	0,27	3,73	0,27	3,71	0,27	3,66	0,27	3,77	0,27	3,76	0,27	3,74	0,27	3,70	0,27
	2000	3,73	0,27	3,71	0,27	3,69	0,27	3,65	0,27	3,75	0,27	3,74	0,27	3,73	0,27	3,69	0,27
	2160	3,71	0,27	3,70	0,27	3,68	0,27	3,64	0,27	3,74	0,27	3,73	0,27	3,71	0,27	3,68	0,27

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 2 1"	1360	3,15	0,32	3,13	0,32	3,10	0,32	3,05	0,33	3,18	0,31	3,16	0,32	3,15	0,32	3,10	0,32
	1520	3,13	0,32	3,11	0,32	3,09	0,32	3,03	0,33	3,16	0,32	3,14	0,32	3,13	0,32	3,08	0,32
	1680	3,11	0,32	3,09	0,32	3,07	0,32	3,02	0,33	3,14	0,32	3,12	0,32	3,11	0,32	3,06	0,32
	1840	3,09	0,32	3,07	0,32	3,05	0,33	3,00	0,34	3,12	0,32	3,10	0,32	3,09	0,32	3,05	0,33
	2000	3,07	0,32	3,06	0,33	3,04	0,33	2,99	0,34	3,10	0,32	3,09	0,32	3,07	0,32	3,03	0,33
	2160	3,06	0,33	3,04	0,33	3,03	0,33	2,98	0,34	3,08	0,32	3,07	0,32	3,06	0,33	3,02	0,33
PUR 2 1/2"	1360	3,76	0,27	3,74	0,27	3,72	0,27	3,66	0,27	3,80	0,26	3,78	0,27	3,76	0,27	3,72	0,27
	1520	3,74	0,27	3,72	0,27	3,70	0,27	3,65	0,27	3,77	0,27	3,76	0,27	3,74	0,27	3,70	0,27
	1680	3,72	0,27	3,70	0,27	3,69	0,27	3,63	0,27	3,75	0,27	3,74	0,27	3,72	0,27	3,68	0,27
	1840	3,71	0,27	3,69	0,27	3,67	0,27	3,62	0,28	3,73	0,27	3,72	0,27	3,70	0,27	3,66	0,27
	2000	3,69	0,27	3,67	0,27	3,65	0,27	3,61	0,28	3,71	0,27	3,70	0,27	3,69	0,27	3,65	0,27
	2160	3,67	0,27	3,66	0,27	3,64	0,27	3,60	0,28	3,70	0,27	3,69	0,27	3,67	0,27	3,64	0,27
PIR 2 1/2"	1360	4,40	0,23	4,38	0,23	4,36	0,23	4,30	0,23	4,44	0,23	4,42	0,23	4,40	0,23	4,36	0,23
	1520	4,38	0,23	4,36	0,23	4,34	0,23	4,29	0,23	4,41	0,23	4,40	0,23	4,38	0,23	4,34	0,23
	1680	4,36	0,23	4,34	0,23	4,32	0,23	4,27	0,23	4,39	0,23	4,38	0,23	4,36	0,23	4,32	0,23
	1840	4,35	0,23	4,33	0,23	4,31	0,23	4,26	0,23	4,37	0,23	4,36	0,23	4,34	0,23	4,30	0,23
	2000	4,33	0,23	4,31	0,23	4,29	0,23	4,25	0,23	4,35	0,23	4,34	0,23	4,33	0,23	4,29	0,23
	2160	4,31	0,23	4,30	0,23	4,28	0,23	4,24	0,24	4,33	0,23	4,32	0,23	4,31	0,23	4,28	0,23

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo hormigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 3"	1360	3,59	0,28	3,57	0,28	3,54	0,28	3,49	0,28	3,62	0,28	3,60	0,28	3,59	0,28	3,54	0,28
	1520	3,57	0,28	3,55	0,28	3,53	0,28	3,47	0,29	3,60	0,28	3,58	0,28	3,57	0,28	3,52	0,28
	1680	3,55	0,28	3,53	0,28	3,51	0,28	3,46	0,29	3,58	0,28	3,56	0,28	3,55	0,28	3,50	0,28
	1840	3,53	0,28	3,51	0,28	3,49	0,28	3,44	0,29	3,56	0,28	3,54	0,28	3,53	0,28	3,49	0,28
	2000	3,51	0,28	3,50	0,28	3,48	0,29	3,43	0,29	3,54	0,28	3,53	0,28	3,51	0,28	3,47	0,29
	2160	3,50	0,28	3,48	0,29	3,47	0,29	3,42	0,29	3,52	0,28	3,51	0,28	3,50	0,28	3,46	0,29
PUR 3"	1360	4,29	0,23	4,27	0,23	4,25	0,23	4,19	0,24	4,32	0,23	4,31	0,23	4,29	0,23	4,25	0,23
	1520	4,27	0,23	4,25	0,23	4,23	0,24	4,17	0,24	4,30	0,23	4,29	0,23	4,27	0,23	4,23	0,24
	1680	4,25	0,23	4,23	0,24	4,21	0,24	4,16	0,24	4,28	0,23	4,27	0,23	4,25	0,23	4,21	0,24
	1840	4,23	0,24	4,22	0,24	4,20	0,24	4,15	0,24	4,26	0,23	4,25	0,23	4,23	0,24	4,19	0,24
	2000	4,22	0,24	4,20	0,24	4,18	0,24	4,14	0,24	4,24	0,23	4,23	0,24	4,22	0,24	4,18	0,24
	2160	4,20	0,24	4,19	0,24	4,17	0,24	4,13	0,24	4,22	0,24	4,21	0,24	4,20	0,24	4,17	0,24
PIR 3"	1360	5,00	0,20	4,98	0,20	4,96	0,20	4,90	0,20	5,03	0,20	5,02	0,20	5,00	0,20	4,95	0,20
	1520	4,98	0,20	4,96	0,20	4,94	0,20	4,88	0,20	5,01	0,20	4,99	0,20	4,98	0,20	4,94	0,20
	1680	4,96	0,20	4,94	0,20	4,92	0,20	4,87	0,20	4,99	0,20	4,98	0,20	4,96	0,20	4,92	0,20
	1840	4,94	0,20	4,92	0,20	4,91	0,20	4,86	0,20	4,97	0,20	4,96	0,20	4,94	0,20	4,90	0,20
	2000	4,93	0,20	4,91	0,20	4,89	0,20	4,85	0,20	4,95	0,20	4,94	0,20	4,92	0,20	4,89	0,20
	2160	4,91	0,20	4,89	0,20	4,88	0,20	4,84	0,20	4,93	0,20	4,92	0,20	4,91	0,20	4,88	0,20

Valores de resistencia térmica R (m² K/W) y transmitancia térmica K (W/m² K) (continuación)

Tipo de aislante y espesor	Densidad del H° del BH	Bloque P15								Bloque P20							
		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado		Sin hormigón de relleno		Ligeramente reforzado		Muy reforzado		Todo homigonado	
	kg/m ³	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
EPS 3 1/2"	1360	4,03	0,25	4,01	0,25	3,98	0,25	3,93	0,26	4,06	0,24	4,04	0,25	4,03	0,25	3,98	0,25
	1520	4,01	0,25	3,99	0,25	3,97	0,25	3,91	0,26	4,04	0,25	4,02	0,25	4,01	0,25	3,96	0,25
	1680	3,99	0,25	3,97	0,25	3,95	0,26	3,90	0,26	4,02	0,25	4,00	0,25	3,99	0,25	3,94	0,26
	1840	3,97	0,25	3,95	0,26	3,93	0,26	3,88	0,26	4,00	0,25	3,98	0,25	3,97	0,25	3,93	0,26
	2000	3,95	0,26	3,94	0,26	3,92	0,26	3,87	0,26	3,98	0,25	3,97	0,25	3,95	0,26	3,91	0,26
	2160	3,94	0,26	3,92	0,26	3,91	0,26	3,86	0,26	3,96	0,25	3,95	0,26	3,94	0,26	3,90	0,26
PUR 3 1/2"	1360	4,82	0,21	4,80	0,21	4,77	0,21	4,72	0,21	4,85	0,20	4,84	0,20	4,82	0,21	4,77	0,21
	1520	4,80	0,21	4,78	0,21	4,76	0,21	4,70	0,21	4,83	0,20	4,81	0,21	4,80	0,21	4,75	0,21
	1680	4,78	0,21	4,76	0,21	4,74	0,21	4,69	0,22	4,81	0,21	4,79	0,21	4,78	0,21	4,74	0,21
	1840	4,76	0,21	4,74	0,21	4,73	0,21	4,68	0,22	4,79	0,21	4,77	0,21	4,76	0,21	4,72	0,21
	2000	4,74	0,21	4,73	0,21	4,71	0,21	4,67	0,22	4,77	0,21	4,76	0,21	4,74	0,21	4,71	0,21
	2160	4,73	0,21	4,71	0,21	4,70	0,21	4,66	0,22	4,75	0,21	4,74	0,21	4,73	0,21	4,69	0,22
PIR 3 1/2"	1360	5,60	0,18	5,58	0,18	5,55	0,18	5,50	0,18	5,63	0,18	5,62	0,18	5,60	0,18	5,55	0,18
	1520	5,58	0,18	5,56	0,18	5,54	0,18	5,48	0,18	5,61	0,18	5,59	0,18	5,58	0,18	5,53	0,18
	1680	5,56	0,18	5,54	0,18	5,52	0,18	5,47	0,18	5,59	0,18	5,57	0,18	5,56	0,18	5,52	0,18
	1840	5,54	0,18	5,52	0,18	5,51	0,18	5,46	0,18	5,57	0,18	5,55	0,18	5,54	0,18	5,50	0,18
	2000	5,52	0,18	5,51	0,18	5,49	0,18	5,45	0,18	5,55	0,18	5,54	0,18	5,52	0,18	5,49	0,18
	2160	5,51	0,18	5,49	0,18	5,48	0,18	5,44	0,18	5,53	0,18	5,52	0,18	5,51	0,18	5,47	0,18

Nota: para el cálculo de los valores anteriores se ha considerado una resistividad térmica de 0,70 m K/W para las placas de EPS, de 1,04 m K/W para el PUR proyectado y de 1,25 m K/W para las placas de PIR.

