

el bloque de hormigón y su fábrica



El Bloque de Hormigón y su fábrica

Pablo Daniel García Carrillo

Asociación Nacional de Fabricantes de Bloques y Mampostería de Hormigón (NORMABLOC)

año 2016

Maquetación:

Pablo Daniel García Carrillo

Depósito legal: M-25952-2016

ISBN: 978-84-608-8884-0

NOTA DEL AUTOR

Desafortunadamente el bloque de hormigón es visto percibido en la sociedad española como un material denostado, a pesar de que la fábrica de bloque es un sistema con diversidad de posibilidades constructivas, arquitectónicas y expresivas, más allá de la mera imagen de la arquitectura industrial o de la pequeña construcción auxiliar.

El presente Manual supone una completa recopilación de la información contenida en dos anteriores publicaciones: el “Manual Técnico NORMABLOC” (año 2009) y el “Código de Buena Práctica para la Ejecución de Fábricas con Bloques y Mampostería de Hormigón NORMABLOC” (año 2007), ambos desarrollados por su Comité Técnico, en coordinación con la asesoría técnica AIA Arquitectura XXI. Sin embargo este documento no sólo supone un refundido de los anteriores, sino que actualiza y amplía su contenido con nuevos apartados, de interés tanto para el proyectista como para el estudiante, y apartados propios para el colocador.

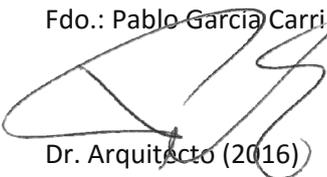
En los últimos años se han producido grandes cambios en el ámbito de la construcción, tanto en el ámbito económico y social, como a nivel normativo. Las sucesivas modificaciones en la reglamentación técnica durante este tiempo han motivado la actualización de parte del contenido, ajustándose, entre otras, a las indicaciones del Código Técnico de la Edificación.

El bloque de hormigón es un material aparentemente estancado y limitado. Puede parecer que se había llegado al final de su corta evolución. Sin embargo se presentan múltiples iniciativas, con el desarrollo de nuevas soluciones y posibilidades constructivas. Estos productos muestran la vitalidad de este material básico, que tiene su máximo exponente de evolución y empleo en Norteamérica, si bien se han encontrado propuestas novedosas también en nuestro ámbito nacional.

La edificación con bloque de hormigón presenta gran facilidad constructiva, lo que permite el empleo de mano de obra local y flexibilidad de diseño, ofreciendo además versatilidad y expresividad en aquellos casos en los que se manifieste la fábrica cuando queda vista.

Esta publicación no sólo pretende ofrecer una clara visión general del bloque de hormigón y su fábrica, se intenta arrojar luz sobre este material y sus muchas posibilidades.

Fdo.: Pablo García Carrillo



Dr. Arquitecto (2016)

PRÓLOGO

A través de los siglos, el conocimiento de las técnicas constructivas fue divulgado por los maestros de obras, los constructores, los profesores y arquitectos, para en nuestros días y en nuestro país continuar haciéndolo los directores y coordinadores de obras como son los aparejadores y arquitectos técnicos, a las sucesivas generaciones demandantes de información para continuar otra vez el ciclo iniciado.

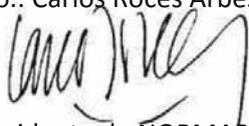
En un mundo globalizado como el actual, toda información relevante debe buscar el canal adecuado para que llegue a su receptor, con la menor distorsión posible y que ayude a cumplir el objetivo y finalidad que el emisor busca, en nuestro caso el objetivo es transmitir un conocimiento para una utilidad funcional y necesaria.

NORMABLOC nació con este objetivo, servir a la industria del prefabricado de hormigón para que los agentes de la edificación y construcción civil, utilicen y valoren las propiedades y ventajas de un excelente y modesto material que producen sus asociados el bloque de hormigón. En obra llamaremos desde ahora mampostería de hormigón modular, a la aportación de la ilusión de numerosos empresarios y grupos familiares al proceso constructivo español y europeo, con todas las buenas razones que pueden pesar en la elección acertada y buscada solución constructiva: Calidad, seguridad, durabilidad y mínimo mantenimiento.

Pero de nada serviría esta acción si no sentamos las bases teóricas de definiciones, conceptos, materias primas y materiales precisos como tipologías y disposiciones constructivas adecuadas y racionales para lograr esta finalidad. La experiencia de profesionales liberales, profesores universitarios, técnicos de planta, laboratorios y laborantes, empresarios más todas las personas reunidas en torno al comité técnico de la asociación, han contribuido a cristalizar y tallar como un diamante de hormigón, este manual que recibe Ud. con la misma ilusión que el maestro de obra egipcio, griego, ó íbero transmitía su conocimiento a su hijo primigenio, o al aprendiz si se diese la ocasión, para que así lo hiciese a sus hermanos y generaciones posteriores, como identificación de la vocación y credo de una realización personal y social.

Los que hemos tenido la suerte de participar en esta historia empresarial y constructiva, deseamos animarles a que nos ayuden a difundir nuestro proyecto histórico y futuro, e incluso sumarse a él con las aportaciones y sugerencias que desee realizar a este manual para el diseño y cálculo de la mampostería de hormigón modular, y así comprenderá porqué este material constructivo que llamamos “la alternativa sólida” al sistema edilicio actual como un material tradicional más, constituye un pilar básico de la arquitectura contemporánea nacional e internacional.

Fdo.: Carlos Rocas Arbesú



Presidente de NORMABLOC (2008)

PREÁMBULO

Sobre la idoneidad de la mampostería de hormigón en la arquitectura y el urbanismo contemporáneo

Durante siglos, los materiales básicos de albañilería estuvieron constituidos por “la piedra natural”, con sus variantes de mampostería, sillería, etc., junto con “el ladrillo artificial” con la ventaja de tratarse de una pieza de barro cocido prefabricada, con una modulación precisa para permitir una mayor facilidad de construcción, con la consiguiente economía de la edificación.

De estos materiales, el ladrillo cerámico tuvo su máximo auge a finales del siglo XIX cuando la industrialización desarrolló plenamente sus posibilidades de prefabricación y cocción.

Hasta llegado el siglo XX con la aparición del hormigón armado, no se abrió paso un nuevo material de albañilería, el denominado “bloque de hormigón” capaz de ampliar los campos de aplicación de los materiales de albañilería con un formato de mayores dimensiones, junto con sus múltiples posibilidades constructivas y arquitectónicas, basadas en la combinación con el hormigón armado con que se rellenaba su interior, logrando suplir con ventaja a las estructuras de fábrica cerámica tradicional, y ligándose más directamente con el tradicional lenguaje de la mampostería de piedra natural, con mucho menor coste.

En sus inicios, los bloques de hormigón se fabricaban en industrias de pequeño tamaño y mínimo control de calidad, ofreciéndose un producto muy económico aunque poco elaborado, de baja resistencia y de monótono colorido (gris oscuro).

Actualmente, por el contrario, los fabricantes de bloques de hormigón españoles, agrupados en la Asociación Nacional de Fabricantes de Bloque y Mampostería de Hormigón (NORMABLOC), velan por la renovada calidad de este producto que ya tiene más de cien años de experiencia y cuya industria nacional se encuentra entre las más punteras internacionalmente dentro de este sector.

Los bloques de mampostería actuales distan mucho de los que se fabricaban hace años, al emplearse hoy en día maquinaria de alta calidad que permite, en función del árido empleado y su compactación, junto con la incorporación de aditivos colorantes y distintos tratamientos de acabado, ofrecer después de un riguroso curado en cámaras de temperatura y humedad controladas, un producto de la máxima calidad funcional, resistente y estética.

Es un hecho que la mampostería de hormigón actual es uno de los productos más demandados dentro del sector de la albañilería cuando se quiere optimizar su capacidad resistente, precisamente por poder incorporar el armado en su interior, lo que tiene un importante campo de aplicación en cerramientos o envolventes de vallados o edificios industriales, grandes superficies, etc., por la economía de la mano

de obra que ofrece su gran formato, además de su versatilidad estética para combinar con el entorno.

El Código Técnico de la Edificación vigente en España, se basa en gran parte en la normativa europea, en lo que a las estructuras de fábrica se refiere (EC-6), contemplando en toda su amplitud, las posibilidades técnicas y constructivas de los materiales prefabricados derivados del cemento, adquiriendo éstos en la actualidad, una presencia equiparable a la que antiguamente tenían los materiales cerámicos.

Ni que decir tiene que son múltiples los Arquitectos de renombre que han materializado con la mampostería de bloque de hormigón, sus mejores hitos arquitectónicos desde hace años, entre los que no se puede dejar de nombrar a F. Lloyd Wright (en EEUU), Mario Botta (en Europa) y más recientemente Frank Ghery (en todo el mundo).

Desde el punto de vista urbanístico, en los inicios del bloque de hormigón quizás se pudo abusar de la baja calidad y monótono colorido, al quedar en múltiples ocasiones sin revestir, cuando no estaba fabricado con el acabado visto adecuado para ello.

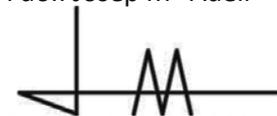
Esta circunstancia que pudo darse hace años, no puede repetirse en la actualidad con una sociedad más exigente y una industria mucho más desarrollada, al emplearse hoy día bloques de mampostería de factura y acabado mucho más avanzado, siendo en múltiples ocasiones precisamente escogido este material por su perfecta adaptación medioambiental. No en vano se trata de un producto que aglomera piedra natural previamente molida, haciéndolo con la apropiada granulometría para obtener el resultado óptimo, de acuerdo con las exigencias del proyectista y el fabricante.

Por todo ello, **NO HAY NINGUNA DUDA QUE EL ACTUAL BLOQUE DE HORMIGÓN**, tanto si se trata de piezas de mampostería como de sillería de hormigón, y gracias a la industria actualmente existente en nuestro país, **OFRECE LAS MÁXIMAS POSIBILIDADES DE ADECUARSE A LA PERFECCIÓN, A CUALQUIER ENTORNO ARQUITECTÓNICO Y URBANÍSTICO QUE SE REQUIERA**, incluso ante las máximas exigencias de carácter medioambiental, dada la calidad de los productos existentes en el mercado.

Todo ello goza además, del respaldo de la normativa europea y española, con su correspondiente marcado CE, **AÑADIÉNDOSE ADEMÁS LA COBERTURA DE NORMABLOC** como la Asociación Nacional de Fabricantes de Bloques y Mampostería de Hormigón, que vela por la calidad de este producto que ya puede considerarse como un material clásico, después de haberse empleado durante más de cien años, y siendo por sus propiedades físicas, el que más puede entonar con las características de cualquier entorno natural.

La mampostería de hormigón, es un material perfectamente idóneo para su empleo en la arquitectura y el urbanismo contemporáneo.

Fdo.: Josep M^a Adell



Dr. Arquitecto (2009)

INDICE

| | |
|---|----|
| NOTA DEL AUTOR..... | 3 |
| PRÓLOGO | 4 |
| PREÁMBULO..... | 5 |
| INDICE..... | 7 |
| 0. TERMINOLOGÍA: DEFINICIONES | 17 |
| 1. COMPONENTES DE LA FÁBRICA DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN | 23 |
| 1.1. Piezas de mampostería de hormigón. Tipología | 23 |
| 1.1.1. Bloques de Árido Denso (BAD)..... | 24 |
| 1.1.2. Bloques de Árido Ligero (BAL)..... | 26 |
| 1.1.3. Ladrillo de Hormigón (LH) | 27 |
| 1.1.5. Sillares de Hormigón (SH)..... | 28 |
| 1.2. Morteros y hormigones..... | 28 |
| 1.2.1. Componentes de los morteros..... | 30 |
| 1.2.2. Características de los morteros..... | 32 |
| 1.2.2.1. Morteros en estado fresco | 32 |
| 1.2.2.2. Mortero en estado endurecido | 33 |
| 1.2.3. Hormigón de relleno | 33 |
| 1.3. Armaduras | 34 |
| 1.3.1. Barras corrugadas. Tipología y características | 35 |
| 1.3.2. Armaduras de tendel prefabricadas. Tipología y características | 36 |
| 1.3.3. Costillas verticales prefabricadas: Tipología y características..... | 37 |
| 1.4. Llaves, anclajes y fijaciones | 38 |
| 1.4.1. Llaves de atado entre muros..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 1.4.2. Anclajes de conexión entre muros y otras estructuras según libre movimiento..... | 40 |
| 1.4.3. Tipología de fijaciones de costillas | 42 |
| 1.5. Impermeabilizantes, aislamientos y sellantes..... | 43 |
| 1.6. Apoyos especiales | 45 |
| 2. ELEMENTOS: ORGANIZACIÓN CONSTRUCTIVA DE MUROS Y FORJADOS | 46 |
| 2.1. Coordinación modular de la obra de fábrica..... | 46 |
| 2.2. Tipología de muros..... | 49 |
| 2.3. Muros de fábrica sin armar | 51 |
| 2.3.1. Muros aparejados de piezas de Árido Denso..... | 51 |
| 2.3.2. Muros enfoscados de piezas de Árido Ligero..... | 52 |
| 2.3.3. Muros de ladrillo de hormigón de una hoja..... | 52 |
| 2.3.4. Muros de dos hojas de piezas distintas con llaves ajustables en altura | 53 |
| 2.3.5. Control de ejecución de puesta en obra de muros sin armar..... | 53 |
| 2.4. Muros de bloques huecos rellenos de hormigón armado | 53 |
| 2.4.1. Muros de bloque con zunchos y pilastras interiores de hormigón armado | 54 |
| 2.4.2. Muros de bloque con pilastras sobresalientes de hormigón armado | 54 |
| 2.4.3. Control de ejecución de puesta en obra de muros de bloques huecos rellenos de hormigón armado..... | 55 |
| 2.5. Muros de fábrica armada..... | 55 |
| 2.5.1. Muros de una hoja con armado homogéneo..... | 56 |
| 2.5.2. Muros capuchinos de fábrica armada con el mismo tipo de pieza..... | 56 |
| 2.5.3. Muros capuchinos de fábrica armada con distinto tipo de pieza | 56 |
| 2.5.4. Refuerzo de Muros con barras corrugadas en los tendeles..... | 57 |
| 2.5.5. Control de ejecución de puesta en obra de muros de fábrica armada..... | 57 |
| 2.6. Encuentros de muros entre sí | 58 |
| 2.7. Muros con el Sistema de Albañilería Integral..... | 59 |

| | |
|---|----|
| 2.7.1. Muro autoportante o de carga de una hoja de fábrica armada con costillas verticales y fijaciones..... | 60 |
| 2.7.2. Muros capuchinos de fábrica armada con costillas verticales y fijaciones con hojas de piezas de hormigón de diversas características | 60 |
| 2.8. Muros de sillares de hormigón para contención de tierras | 61 |
| 3. TIPOS ESTRUCTURALES..... | 62 |
| 3.1. Estructura de fábrica de cerramientos y/o particiones..... | 64 |
| 3.2. Estructura de fábrica de muros de carga y arriostramiento | 66 |
| 3.2.1. Tipología de forjados sobre muros de carga | 67 |
| 3.2.1.1. Forjado de viguetas semirresistentes | 68 |
| 3.2.1.2. Forjado de semiviguetas o viguetas pretensadas..... | 69 |
| 3.2.1.3. Forjado de placas alveolares..... | 70 |
| 3.3. Estructura de fábrica confinada | 71 |
| 3.4. Muros de sillares de hormigón para contención de tierras | 73 |
| 4. DISEÑO DE FÁBRICAS..... | 75 |
| 4.1. Diseño de edificios con fábrica en cerramientos y/o particiones | 75 |
| 4.1.1. Muros de cerramiento o de partición homogéneos de 1 hoja | 75 |
| 4.1.2. Muros de cerramiento o de partición heterogéneos de 2 hojas | 77 |
| 4.1.4. Muros de gran altura con el Sistema de Albañilería Integral..... | 79 |
| 4.1.5. Encuentros y juntas entre estructuras de cerramiento y porticadas..... | 80 |
| 4.2. Diseño de edificios de muros de carga y arriostramiento..... | 81 |
| 4.2.1. Muros de carga y arriostramiento homogéneos de 1 hoja..... | 82 |
| 4.2.2. Muros de carga y arriostramiento heterogéneos de 2 hojas..... | 84 |
| 4.2.3. Encuentros y juntas en edificio de muro de carga y arriostramiento | 87 |
| 4.3. Diseño de edificios con muros confinados..... | 87 |
| 4.4. Juntas de movimiento | 88 |
| 5. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS..... | 89 |

| | |
|---|-----|
| 5.1. Muros de carga..... | 89 |
| 5.1.1. Aparejos..... | 91 |
| 5.1.2. Uniones de muros | 92 |
| 5.1.3. Arranque en cimentación | 100 |
| 5.1.4. Apoyo de forjados | 101 |
| 5.1.5. Configuración de huecos | 102 |
| 5.1.6. Juntas de movimiento | 106 |
| 5.1.7. Barreras antihumedad..... | 110 |
| 5.1.8. Arriostramientos | 111 |
| 5.1.9. Rozas y rebajos | 112 |
| 5.2. Muros de cerramiento | 113 |
| 5.2.1. Encuentro con forjado..... | 113 |
| 5.2.2. Encuentro con pilares..... | 116 |
| 5.2.3. Encuentro con peto de cubierta..... | 117 |
| 5.2.4. Juntas de movimiento | 118 |
| 5.2.5. Consideración de esfuerzos horizontales..... | 119 |
| 5.2.6. Muros de fábrica armada acostillados | 120 |
| 5.3. Particiones interiores | 121 |
| 5.4. Muros de contención | 122 |
| 6. FUNCIONALIDAD | 125 |
| 6.1. Planteamientos constructivos frente a las acciones higrotérmicas | 125 |
| 6.2. Comportamiento frente a la humedad | 127 |
| 6.3. Comportamiento frente a la temperatura | 128 |
| 6.4. Comportamiento frente al ruido | 132 |
| 6.4.1. Absorción acústica..... | 133 |
| 6.4.2. Tiempo de reverberación | 134 |

| | |
|---|-----|
| 6.4.3. Aislamiento acústico | 135 |
| 6.5. Comportamiento frente al fuego | 139 |
| 7. DURABILIDAD DE LAS FÁBRICAS..... | 143 |
| 7.1. Control de fisuras | 143 |
| Dilataciones y retracciones | 143 |
| Movimiento diferencial | 145 |
| Deformaciones excesivas | 145 |
| Sobrecargas | 146 |
| Asientos | 146 |
| 7.2. Ambiente de exposición | 146 |
| 8. CONTROLES DE RECEPCIÓN Y DE PUESTA EN OBRA | 153 |
| 8.1. Controles de recepción de materiales..... | 153 |
| 8.2. Controles de puesta en obra | 153 |
| 8.3. Control de recepción de la fábrica | 154 |
| 9. MARCADO CE DE BLOQUES DE HORMIGÓN | 155 |
| 9.1. Generalidades..... | 155 |
| 9.2. Evaluación de la conformidad | 156 |
| 9.3. Marcado y etiquetado | 156 |
| 9.4. Declaración de conformidad CE | 157 |
| 10. CÁLCULO..... | 159 |
| 10.1. Principios generales..... | 159 |
| 10.2. Paños tipo..... | 159 |
| 10.3. Características de los materiales..... | 160 |
| 10.4. Bases de cálculo | 160 |
| 10.5. Normativa..... | 161 |
| 10.6. Acciones y coeficientes | 161 |

| | |
|--|-----|
| 10.7. Cálculo tipo. Cálculo de comportamiento de placa según EC-6 y CTE SE-F | 162 |
| 10.8. Tablas de dimensionado..... | 164 |
| 10.8.1. Tablas de muros con hormigón armado | 164 |
| Tablas de Paños con Armado Tradicional | 165 |
| Tablas de Dinteles con Armado Tradicional..... | 166 |
| 10.8.2. Tablas de muros con armaduras de tendel | 167 |
| Tablas de Paños con Armado de Tendel, Rotura en Placa* | 167 |
| Dinteles con armado de tendel (Manual Murfor) | 169 |
| Tablas de muros con Sistema de Albañilería Integral..... | 171 |
| 10.8.3. Tablas de cerramientos | 172 |
| 11. EJECUCIÓN DE LA FÁBRICA..... | 182 |
| 11.1. Suministro e Identificación..... | 182 |
| 11.2. Condiciones de recepción | 182 |
| 11.2.1. Recepción de cada partida de obra..... | 182 |
| 11.2.2. Tamaño de muestras para el control de recepción del lote | 182 |
| 11.2.3. Condiciones de aceptación o rechazo..... | 183 |
| 11.3. Replanteo | 183 |
| 11.3.1. Replanteo vertical | 183 |
| 11.3.2. Replanteo horizontal..... | 184 |
| 11.4. Colocación | 185 |
| 11.4.1. Colocación de las armaduras de tendel | 187 |
| 11.4.2. Colocación de armaduras verticales..... | 188 |
| 11.4.3. Colocación de costillas verticales | 189 |
| 11.5. Protecciones | 190 |
| 11.6. Interrupciones | 190 |
| 11.7. Arriostramientos | 191 |

| | |
|---|-----|
| 11.8. Altura máxima | 191 |
| 11.9. Puesta en carga de la fábrica..... | 191 |
| 11.10. Terminación de los cerramientos..... | 191 |
| 12. BUENAS PRÁCTICAS MEDIOAMBIENTALES DE LA EJECUCIÓN DE FÁBRICAS | 192 |
| 13. MANTENIMIENTO Y PATOLOGÍAS | 194 |
| 13.1. Inspección..... | 195 |
| 13.2. Agentes atmosféricos | 196 |
| 13.3. Fisuras y roturas | 196 |
| 13.4. Resistencia a la humedad..... | 197 |
| 13.4.1. Control de la humedad. Tratamientos | 198 |
| 13.4.2. Tratamientos superficiales | 202 |
| 13.4.3. Aplicación de hidrofugantes..... | 202 |
| 13.5. Permeabilidad al agua y al aire | 204 |
| 13.6. Sellado de juntas de movimiento..... | 205 |
| 13.7. Eflorescencias..... | 206 |
| 13.7.1. Causas..... | 207 |
| 13.7.2. Prevención de eflorescencias..... | 207 |
| 13.7.3. Eliminación de eflorescencias | 209 |
| 13.8. Rejuntado | 211 |
| 13.8.1. Preparación de las juntas | 211 |
| 13.8.2. Componentes del mortero..... | 212 |
| 13.8.3. Preparación del mortero | 212 |
| 13.8.4. Rellenado de juntas..... | 213 |
| 13.8.5. Herramientas para el rejuntado..... | 213 |
| 13.8.6. Tipos de juntas | 214 |
| 13.8.7. Curado del rejuntado | 214 |

| | |
|---|-----|
| 13.9. Limpieza de la fábrica | 214 |
| 13.9.1. Limpieza abrasiva | 215 |
| Limpieza abrasiva seca | 215 |
| Limpieza abrasiva húmeda | 217 |
| Abrasión metálica | 217 |
| 13.9.2. Limpieza química | 218 |
| 13.9.3. Limpieza por vapor | 218 |
| 13.9.4. Limpieza por agua | 219 |
| A baja presión | 219 |
| A alta presión | 219 |
| 13.9.5. Eliminación de grafitis y pintadas | 219 |
| 13.9.6. Eliminación de depósitos de polución | 220 |
| 13.10. Tratamientos protectores superficiales | 221 |
| 14. ESTADO ACTUAL DE LAS SOLUCIONES Y PRODUCTOS COMERCIALES | 222 |
| 14.1. Nuevas soluciones constructivas | 222 |
| 14.1.1. Bloque con aislamiento térmico | 222 |
| 14.1.2. Bloque de acondicionamiento acústico | 224 |
| 14.1.3. Bloque para macizado | 228 |
| 14.1.4. Sistema de albañilería integral – Allwall bloc+ | 230 |
| 14.1.5. Bloques enlazables | 232 |
| 14.1.6. Bloques postesados | 233 |
| 14.1.7. Bloque ventilado de fachada | 235 |
| 14.2. Nuevos acabados | 236 |
| 14.2.1. Bloque coloreado | 236 |
| 14.2.2. Bloque Split | 237 |
| 14.2.3. Bloque pulido | 237 |

| | |
|---|-----|
| 14.2.4. Bloque esmaltado-vitrificado | 239 |
| 14.2.5. Bloque lavado | 240 |
| ANEXO I: SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS | 241 |
| ANEXO II: PRESTACIONES DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS..... | 245 |
| BIBLIOGRAFÍA | 265 |
| Normativa..... | 265 |
| Publicaciones y artículos | 267 |
| Internet..... | 268 |

0. TERMINOLOGÍA: DEFINICIONES

1 FÁBRICAS

a) Fábrica: conjunto trabado de piezas asentadas con mortero.

b) Fábrica armada: Fábrica en la que se colocan barras, mallas o armaduras generalmente de acero, embebidas en mortero u hormigón, de modo que todos los materiales trabajan en conjunto.

c) Fábrica pretensada: Fábrica en la que se han generado intencionalmente tensiones de compresión mediante tesado de tendones.

d) Fábrica confinada: Fábrica construida rígidamente rodeada en sus cuatro lados por pilares y vigas de hormigón armado o de fábrica armada (no proyectados para que trabajen como pórticos resistentes a flexión).

e) Aparejo de la fábrica: Disposición regular de las piezas trabadas para que trabajen conjuntamente.

f) Traba de la fábrica: las fábricas han de estar siempre trabadas, lo que puede lograrse con el aparejo de la fábrica, o bien disponiendo armaduras de tendel en fábricas sin aparejar, mostrándose llagas verticales continuas aunque trabadas con el armado.

g) Sistema de Albañilería Integral: sistema de fábrica armada que incluye refuerzos horizontales en tendeles y verticales mediante costillas.

2 RESISTENCIAS DE LA FÁBRICA

a) Resistencia característica de la fábrica: Valor correspondiente al fractil 5% de todas las mediciones efectuadas de la fábrica.

NOTA: El valor puede tomarse a partir de los resultados de ensayos específicos, o de la evaluación de los datos de ensayo, o de otros valores específicos.

b) Resistencia a compresión de la fábrica: Resistencia a compresión sin tener en cuenta los efectos de las coacciones de sustentación, esbeltez o excentricidad de cargas.

c) Resistencia a corte de la fábrica: Resistencia de la fábrica sometida a esfuerzo cortante.

d) Resistencia a flexión de la fábrica: Resistencia de la fábrica a flexión pura.

e) Resistencia del anclaje por adherencia: 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.

3 PIEZAS DE FÁBRICA

a) Pieza de fábrica: Componente preformado para utilizarse en la construcción de fábricas.

b) Grupos de piezas: Designación de las piezas de fábrica, según el porcentaje, tamaño y orientación de sus huecos.

c) Tabla: Cara superior o inferior de una pieza de fábrica colocada en posición.

d) Rebajo: Rehundido conformado durante la fabricación, en una o ambas tablas de la pieza.

e) Hueco: Vacío conformado en una pieza que puede o no atravesarla completamente.

f) Asa: Vacío conformado en una pieza para facilitar su manejo y permitir levantarla con las manos o con utillaje.

g) Tabiquillo: Material entre huecos de una pieza.

h) Pared: Material perimetral entre una cara de una pieza y un hueco.

i) Sección bruta: es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento, sin deducir las cavidades.

j) Sección neta: es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento, al deducir de la sección bruta, la superficie correspondiente a las cavidades.

k) Resistencia a compresión de piezas de fábrica: Resistencia media a compresión de un número especificado de piezas.

l) Resistencia normalizada a compresión de piezas de fábrica: Resistencia a compresión de las piezas de fábrica por asimilación a la resistencia a compresión de una pieza equivalente secada al aire, de 100 mm de ancho x 100 mm de alto.

m) Resistencia característica a compresión de piezas de fábrica: Resistencia a compresión correspondiente al fractil 5% de la resistencia a compresión de un número especificado de piezas de fábrica.

n) Testa: Caras extremas, o laterales, de una pieza de fábrica de proporciones alargadas.

ñ) Frente: Caras largas, o frontales, de una pieza de fábrica de proporciones alargadas.

o) Testajunta: Caras laterales de una pieza de fábrica que tiene entrantes, salientes o endentados (entrantes y salientes), para conformar llagas a hueso, alojar costillas de refuerzo, o adaptar el sellante adecuado a las juntas de movimiento.

p) Largo: la dimensión mayor de una pieza de fábrica normalmente dispuesta en la dirección longitudinal del muro.

q) Ancho o grueso: la dimensión intermedia de una pieza de fábrica normalmente dispuesta en la dirección perpendicular al paramento del muro.

r) Alto: la dimensión de una pieza de fábrica normalmente dispuesta en la dirección vertical del muro.

s) Cara de asiento o tabla: lado de la pieza que se dispone sobre la inmediata inferior.

t) Cara vista: el lado de una pieza que se ofrece al exterior sin ningún otro tratamiento superficial de acabado que el propio de su fabricación.

u) Sillar de hormigón: pieza de fábrica que adquiere su estabilidad aparejándose con otras equivalentes, junto con la contribución de tirantes embebidos en el interior del terreno cuyo empuje soporta.

4 MORTEROS

a) Mortero: Mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y, si se prescriben, adiciones y aditivos.

b) Mortero ordinario: Mortero para juntas de espesor mayor de 3 mm, y en cuya elaboración se utilizan sólo áridos ordinarios.

c) Mortero fino: Mortero por dosificación para juntas de espesor entre 1mm y 3mm.

d) Mortero ligero: Mortero por dosificación cuya densidad en desecado sea inferior a 1500 kg/m³.

e) Mortero por resistencia: Mortero elaborado de modo que en los ensayos cumpla las propiedades establecidas.

f) Mortero por dosificación: Mortero elaborado con una dosificación establecida, cuyas propiedades se admiten ligadas a ella.

g) Mortero preparado: Mortero dosificado y amasado en factoría, y servido en obra.

h) Mortero seco: Constituyentes secos del mortero con la dosificación y condiciones exigidas mezclados en factoría, que se amasan en obra.

i) Mortero de obra: cuyos componentes se dosifican y se amasan en obra.

j) Resistencia a compresión del mortero: Resistencia media a compresión de un número especificado de probetas de mortero ensayadas tras 28 días de curado.

5 HORMIGÓN

a) Hormigón: Mezcla de conglomerantes inorgánicos con áridos de grava y arena, y agua (y si se prescriben adiciones y aditivos), con una resistencia especificada y con la proporción de cemento adecuada para proteger de la corrosión a las barras corrugadas normales con que suele mezclarse.

b) Hormigón de relleno: Hormigón con la consistencia y el tamaño del árido adecuados para rellenar cámaras o huecos de la fábrica y formar dinteles y pilastras en combinación con el armado apropiado.

c) Hormigón armado: Hormigón con barras de acero longitudinales y estribos para conformar una cadena de atado en pilastras o zunchos.

6 ARMADURAS

a) Acero para armar: Acero para armaduras de uso en fábricas.

b) Armadura de tendel: Armadura de acero prefabricada para su colocación en los tendeles con determinado tratamiento superficial para la corrosión en función del ambiente para embeber en el mortero.

c) Armadura en tendel: Barra corrugada sin tratamiento embebida en el mortero del tendel.

d) Acero para pretensar: Acero para alambres, barras, torzales, cordones o cables de uso en fábricas.

e) Costilla de refuerzo: armadura de acero prefabricada para que sea autoresistente al colocarse verticalmente en el interior de las

piezas huecas, o entre piezas, en llagas continuas trabadas, ya sea total o parcialmente embutidas en la fábrica y/o total o parcialmente embebida en mortero con tratamiento anticorrosión. Las costillas de refuerzo podrán tener fijaciones y/o anclajes mecánicos laterales o extremos, idóneos para conectarse a cualquier otro tipo estructural (o entre sí).

7 COMPONENTES AUXILIARES

a) Barrera antihumedad: Lámina impermeabilizante, piezas de fábrica u otro material que se coloca en fábricas para impedir el paso del agua.

b) Llave: Dispositivo que enlaza una hoja de un muro capuchino con la otra a través de la cámara, o con un entramado, o con un muro de trasdós.

c) Amarre: Dispositivo que enlaza elementos de fábrica con otros elementos contiguos, como suelos y cubiertas.

d) Anclaje: dispositivo mecánico de metal que enlaza los muros de fábrica de cerramiento a la estructura del hormigón armado o acero, capaz de recibir, soportar y transmitir, cargas horizontales y verticales, de forma selectiva.

- 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.

e) Fijación: dispositivo mecánico de metal que enlaza las costillas de fábrica entre sí, o a la estructura de hormigón armado o acero, sin o con determinadas libertades de movimiento controladas.

f) Ménsula: dispositivo mecánico de metal que prolonga la base sobre el forjado, pilar o estructura porticada, para facilitar el apoyo del muro de cerramiento.

NOTA: En lo referente a Anclaje, Fijación y Ménsula, según lo dispuesto en la Norma UNE 419572, Anclajes para revestimientos de fachadas de edificios – Parte 2. Revestimientos pesados.

g) Aislamiento: lámina aislante, planchas o material proyectado, que incrementan las cualidades aislantes del conjunto del muro de fábrica.

h) Lagrimero: conducto de ventilación o dispositivo que conecta el exterior con la cámara de aire interior de un cerramiento para su ventilación y desagüe.

8 JUNTAS

a) Tendel: Junta de mortero entre las tablas de las piezas de fábrica.

b) Llaga: Junta de mortero perpendicular al tendel y a la cara del muro.

c) Sutura: Junta de mortero vertical en el espesor del muro, paralela a su cara.

d) Junta fina o delgada: Junta de mortero fino, con espesor máximo de 3 mm.

e) Junta de movimiento: Junta que permite el libre movimiento en el plano del muro, pudiendo ser tanto vertical como horizontal.

f) Llagueado: Proceso de acabado de la junta de mortero durante la construcción.

g) Rejuntado: Proceso de rascado, rellenado y acabado de la junta de mortero.

h) Llagas a hueso: juntas de mortero verticales perpendiculares al tendel y a la cara del muro, sin rellenar de mortero, que pueden ser lisas o endentadas, disponiéndose las piezas a tope entre ellas.

i) Junta de movimiento vertical: llaga continua sin mortero, entre dos paños de fábrica discontinuos o entre paneles prefabricados. Dispondrá del relleno y sellado oportuno.

j) Junta de movimiento horizontal: tendel continuo sin mortero, entre dos paños de fábrica de muros de cerramiento apoyados en forjados consecutivos, o entre un muro de cerramiento o tabique y el forjado superior, o entre paneles. Dispondrá del relleno y sellado oportuno.

k) Junta de dilatación: aquella junta de movimiento que en su grueso sólo se ha contemplado la influencia de las variaciones térmicas de los materiales. Dispondrá del relleno y sellado oportuno.

- Junta de dilatación estructural del edificio: referida al conjunto de la obra.

- Junta de dilatación del cerramiento: referida a los paños de fábrica.

l) Junta de construcción: las obtenidas en las sucesivas e inevitables fases de construcción, que no han de quedar vistas ni han de variar la organización resistente de la fábrica. Deberán organizarse con o trabas o endentados de piezas de fábrica, o bien con llaves, anclajes o armaduras en espera.

m) Tendel hueco: junta de mortero entre las caras de asiento de las piezas de fábrica que dispone de una estrecha banda central discontinua que evita el puente térmico.

9 TIPOS DE MUROS

a) Muro de carga: Muro con área en planta mayor que 0,04 m², o de pieza única de grupo 2a, 2b o 3 de área mayor que 0,04 m²,

proyectado para soportar otras cargas además de su peso propio.

b) Muro de una hoja: Muro sin cámara ni sutura continua.

c) Muro capuchino: Muro compuesto por dos muros de una hoja paralelos, eficazmente enlazados por llaves o armaduras de tendel, con una o ambas hojas soportando cargas verticales. La cámara entre las hojas puede rellenarse total o parcialmente con aislante térmico no resistente.

NOTA: Un muro de dos hojas separadas por una cámara, donde una de las hojas no contribuye a la resistencia o rigidez de la otra (posiblemente de carga), se debe considerar como un muro de revestimiento.

d) Muro doblado: Muro compuesto por dos hojas paralelas con sutura continua (no mayor que 25 mm) enlazadas entre sí con llaves o armaduras de tendel, de modo que trabajen solidariamente.

e) Muro relleno: Muro compuesto por dos hojas paralelas, separadas al menos 50 mm, enlazadas con llaves o armaduras de tendel, con la cámara rellena de hormigón, de modo que trabajen solidariamente.

f) Muro careado: Muro con piezas de cara vista trabadas con piezas de trasdós, de modo que trabajen solidariamente.

g) Muro de tendel hueco: Muro en el que las piezas se asientan en los bordes exteriores de sus tablas, con tendeles huecos de dos bandas de mortero.

h) Muro con tendeles discontinuos: Muro en el que las piezas de fábrica se asientan en dos o más bandas de mortero en los bordes exteriores de sus tablas.

i) Muro de revestimiento: Muro que reviste exteriormente sin traba a otro muro, o a un entramado y no contribuye a su resistencia.

j) Muro transverso: Muro que soporta acciones horizontales en su plano.

k) Muro de arriostamiento o de refuerzo: Muro transverso perpendicular a otro muro para arriostarlo contra acciones laterales o pandeo y que lo refuerza y estabiliza al edificio.

l) Muro sin carga o no portante: Muro no resistente cuya eliminación no perjudica la integridad del resto de la estructura.

m) Muro de cerramiento: es aquel muro que separa el espacio interior del exterior de un edificio y por tanto, añade a las exigencias estructurales que le correspondan, exigencias de habitabilidad, 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.

n) Muro con hormigón armado: cualquier muro que tenga rellenos los huecos con hormigón y barras corrugadas.

o) Muro con barras en los tendeles: cualquier muro que incorpore barras corrugadas en los tendeles regularmente dispuestas.

p) Muro de fábrica armada: cualquier muro regularmente armado por tendeles con armaduras prefabricadas para controlar la fisuración y/o absorber las sollicitaciones laterales, siempre y cuando se cumpla que la cuantía mínima de acero del armado empleado, sea del 0,03% de la sección de la fábrica para controlar la fisuración, y que la separación vertical máxima entre tendeles armados no supere los 60 cm. El muro armado por tendeles es una particularidad de cualquiera de los muros definidos (muro de

carga armado por tendeles, muro de una hoja armado por tendeles, muro capuchino armado por tendeles, muro doblado armado por tendeles,..., muro de cerramiento armado por tendeles).

q) Muro cara vista: aquel que manifiesta sus piezas y sus juntas sin requerir ningún tratamiento superficial añadido para soportar las inclemencias del medioambiente en que se construya.

r) Muro para revestir: aquel que requiere de un tratamiento superficial sobre las piezas empleadas para obtener la capacidad resistente para soportar las inclemencias medioambientales.

s) Muro capuchino cerchado: es un muro capuchino con dos hojas separadas un máximo de 8 cm, armado por tendeles con cerchas prefabricadas dispuestas a caballo de ambas hojas, de tal manera que gracias a la triangulación de las diagonales de la cercha, se hace posible, además de unir las dos hojas, la transmisión del esfuerzo cortante a través de la cámara, pudiendo considerarse, desde un punto de vista estructural, como si se tratara de un solo muro de fábrica armada por tendeles de grueso homogéneo.

t) Muro acostillado aparejado: es cualquier muro armado por tendeles que tiene dispuestas verticalmente costillas de refuerzo prefabricadas a distancias regulares para soportar flexiones en el plano vertical del paramento. Las costillas podrán estar dispuestas en el interior de las piezas huecas o en el interior de las piezas universales.

u) Muro acostillado trabado: es cualquier muro armado por tendeles que tiene dispuestas verticalmente costillas de refuerzo prefabricadas a distancias regulares para soportar flexiones en el plano vertical del paramento, estando las costillas dispuestas entre piezas de fábrica de cualquier tipo, en una llaga continua trabada por las armaduras de tendel.

10 VARIOS

a) Roza: Acanaladura abierta en la fábrica.

b) Rebaje: Rehundido en una cara del muro.

c) Llaga continua trabada: es aquella junta de mortero perpendicular al tendel, que se prolonga en hiladas sucesivas, estando trabada por armaduras de tendel que la atraviesan a distancias regulares no mayores de 60 cm.

d) Llaga acostillada trabada: es aquella junta de mortero perpendicular al tendel, que prolongándose en hiladas sucesivas, aloja en su interior la costilla de refuerzo entre piezas trabadas mediante las armaduras de tendel que la atraviesan regularmente a distancias no mayores de 60 cm.

e) Llaga acostillada trabada hueca: es aquella llaga continua trabada y que aloja una costilla, en la que se dispone el mortero en dos bandas verticales, separadas entre sí dejando un espacio central vacío que evite el puente térmico que pudiera generar el mortero en la llaga acostillada trabada.

f) Dintel: Cadena de armado a flexión vertical, con piezas en "U" y hormigón armado interior, o bien, con armaduras de tendel y ganchos de cuelgue.

g) Pilastra: Macizado de hormigón armado de los alveolos de las piezas huecas, o bien, con piezas especiales en "C".

h) Zuncho: Piezas en forma de "U" con hormigón armado en su interior.

i) Cadena de atado: Zuncho que coincide con el apoyo de las viguetas del forjado, encadenando sus cabezas entre sí.

1. COMPONENTES DE LA FÁBRICA DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN

Los bloques y piezas de hormigón de distintos formatos, se emplean en obra civil, ingeniería y arquitectura. Es por ello que los distintas industrias que fabrican bloques de conglomerados de mortero han ido evolucionando sus cualidades específicas, en función de determinadas aplicaciones concretas, fabricando tanto piezas pequeñas o grandes con áridos densos o áridos ligeros, con el fin de conseguir materiales ligeros y aislantes capaces de cumplimentar por sí mismos, la funcionalidad higrótérmica del cerramiento.

Las nuevas exigencias del Código Técnico de la Edificación, obligan a cuidar el diseño y ejecución de la obra de fábrica, siendo por ello necesario contemplar también en este documento, las características de los otros componentes que se combinan con los bloques y piezas de hormigón, como el tradicional hormigón de relleno y el mortero, así como los distintos tipos de armaduras, llaves, anclajes y fijaciones, aditivos, aislamientos, etc., escogidos en concordancia con las exigencias técnicas y su durabilidad frente al medio ambiente.

1.1. PIEZAS DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN. TIPOLOGÍA

Desde el ladrillo macizo de pequeño tamaño, hasta el bloque de hormigón hueco de gran formato, normalmente se realizan todo tipo de obras de fábrica resistente, de cerramiento o partición, sin armar o armadas, con acabado cara vista de distintos colores y texturas.

Con las piezas de hormigón ligero de gran formato, a veces prácticamente macizas y en ocasiones multicámara, se organizan estructuras de fábrica o cerramientos de muros homogéneos de una hoja con acabado revocado y pintado o con revestimientos monocapa de distintos colores.

Para sostener el empuje de los terrenos, y aprovechándose del peso de los sillares de hormigón, es posible realizar muros de contención de tierras en seco y normalmente atirantados, que con gran economía de ejecución permiten sujetar bancales.

| | Grupo de piezas de fábrica de hormigón | | | |
|--|--|-----------|---------------------|-------|
| | Maciza | Perforada | Aligerada | Hueca |
| Volumen de huecos (% del volumen bruto) ⁽¹⁾ | ≤ 25 | ≤ 50 | ≤ 60 ⁽²⁾ | ≤ 70 |
| Volumen de cada hueco (% del volumen bruto) | ≤ 12,5 | ≤ 25 | ≤ 25 | ≤ 25 |
| Espesor combinado (% del ancho total) ⁽³⁾ | ≥ 37,5 | ≥ 30 | ≥ 20 | |

1. Los huecos pueden ser huecos verticales que atraviesan las piezas, o rebajes o asas.
 2. El límite del 60% para las piezas de hormigón, puede aumentarse en un país si se dispone de experiencia nacional, basada en ensayos, que confirme que la seguridad de las fábricas no se reduce de modo importante cuando tienen una proporción de huecos mayor que éste para las piezas que se emplean en el país.
 3. El espesor combinado es la suma de los espesores de las paredes y tabiquillos de una pieza, medido perpendicularmente a la cara.

Tabla 1. Clasificación de los grupos de piezas de fábrica de hormigón (de acuerdo al CTE-SE-F).

1.1.1. BLOQUES DE ÁRIDO DENSO (BAD)

Retomando la definición de bloque, el bloque de árido denso es la pieza prefabricada a base de cemento, agua y áridos finos y/o gruesos, naturales y/o artificiales, con o sin adiciones y aditivos, incluidos pigmentos, de forma sensiblemente ortoédrica, con una relación alto/ancho inferior a 6, y alto/largo inferior a 1, sin armadura alguna.

Entran en este grupo los Bloques de densidades normalmente comprendidas entre 1700 kg/m^3 y 2400 kg/m^3 , pudiendo estar aditivados e hidrofugados para utilizarse como material cara vista.

a. Bloque de Hormigón Hueco (BHH):

Pieza con forma de paralelepípedo rectangular, que presenta perforaciones uniformemente repartidas, en el eje normal al plano de asiento, con un índice de macizo máximo de 0,8.

Tiene diversos formatos, siendo el más común el de $40 \times 20 \text{ cm}$ (serie normalizada A200 según la UNE 12771-3, complemento nacional a la UNE-EN 771-3), con dos grandes huecos, que permiten armar verticalmente a través de ellos con barras corrugadas y hormigón de relleno. Suelen ser piezas con endentados laterales para acomodar el mortero.

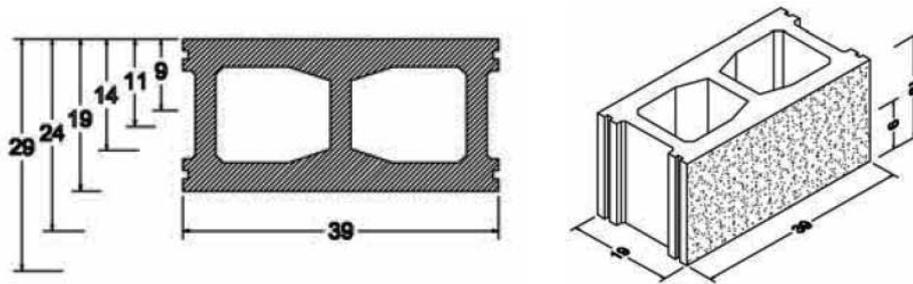


Ilustración 1. Bloque de Hormigón Hueco.

Se fabrican medios bloques y bloques con caras perpendiculares lisas para comienzos, terminaciones, esquinas y mochetas.

b. Piezas especiales:

El bloque normal se combina con piezas de esquina y medias piezas para construir las esquinas, jambas, encuentros,...etc.

Acompañando a la pieza tradicional antes descrita, suelen incorporarse variantes en forma de "U" para crear vigas, dinteles o zunchos de hormigón armado, tanto para bloques de árido denso como de árido ligero.

Las piezas de zuncho y dintel son un tipo de piezas en forma de canal, simple o doble, destinada a servir de encofrado permanente a un dintel, a una cadena de atado, o a un zuncho de hormigón armado. Exteriormente estas piezas no se diferencian de las normales, lo que permite mantener la continuidad del aparejo sin acusar dichos refuerzos.

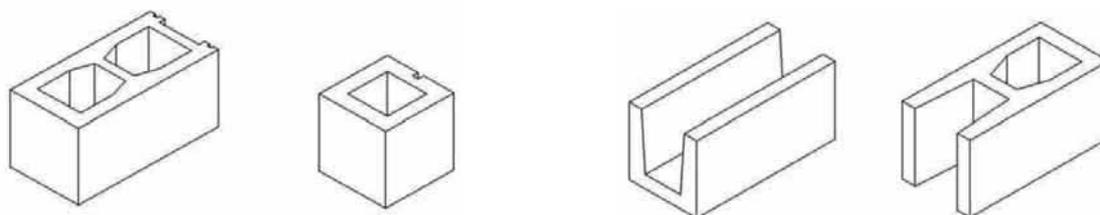


Ilustración 2. Bloque de esquina/cabeza lisa y medio bloque de árido denso [izquierda]. Bloques en "U" para crear zunchos o vigas de hormigón armado [derecha].

Para rematar el frente de los forjados, manteniendo la modulación, color, textura y características del bloque de la fábrica, se fabrican plaquetas, piezas estrechas del mismo tipo del material del bloque para revestir elementos estructurales como frentes de forjado, y que no queden vistos.

Cuando en una esquina los dos muros que se encuentran en ella son de distinto ancho o modulación, es necesario recurrir a piezas especiales de esquina en "L" o bloques de encuentro, para lograr mantener el aparejo de ambos paramentos, a pesar de la diferencias de ancho de sus piezas.

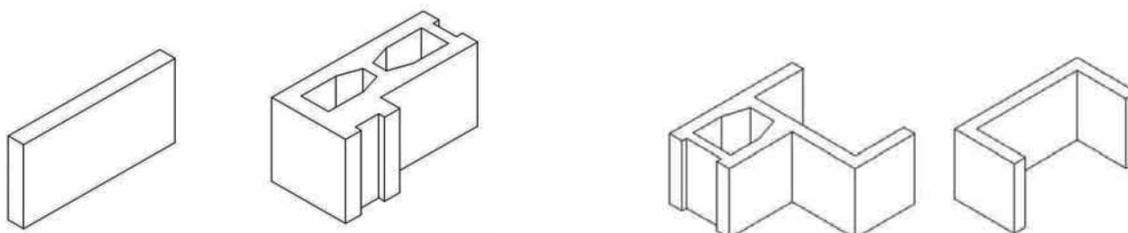


Ilustración 3. Plaqueta y bloque de esquina/encuentro para mantener el aparejo en determinados muros [izquierda]. Bloques para pilastra de enlace y pilastra sencilla [derecha].

c. Bloque multicámara de áridos densos:

Es un bloque de hormigón hueco de árido denso que tiene varias cámaras (2, 3, 4 ó 5) en función de su ancho, en sentido longitudinal y paralelas a la pared exterior. Su longitud habitual es de 39 cm y los anchos varían de 19, 24 ó 29 cm.

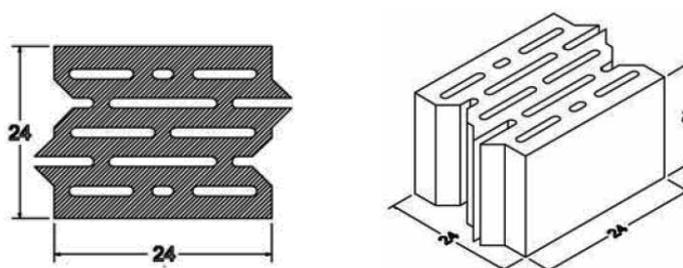


Ilustración 4. Bloque multicámara machihembrado de árido denso.

d. Acabados, colores y texturas:

Se fabrican bloques con distintos colores, texturas y acabados, lo que permite dar un carácter diferente a la obra en el caso de emplear bloque de hormigón visto.

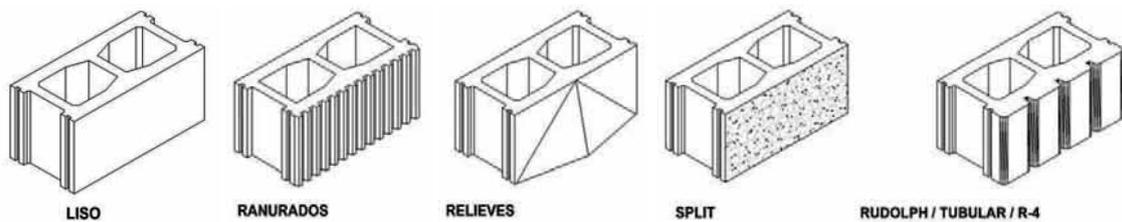


Ilustración 5. Acabados del bloque de hormigón visto.

1.1.2. BLOQUES DE ÁRIDO LIGERO (BAL)

Pieza prefabricada a base de cemento, agua y áridos (de los cuales al menos aproximadamente un 40% en volumen son áridos ligeros), con o sin adiciones y aditivos, incluidos pigmentos, de forma sensiblemente ortoédrica, con unas dimensiones máximas recomendadas de 1500 mm de longitud, 500 mm de espesor y 650 mm de altura.

Entran en este grupo los Bloques con densidad normalmente inferior a 1700 kg/m^3 . Por su ligereza, se fabrican piezas de gran formato que suelen estar endentadas para evitar disponer mortero en las llagas o juntas verticales.

Al igual que en el bloque de áridos densos existen piezas estándar y de comienzo o terminación, con perforaciones y un índice de macizo superior a 0,8 realizada generalmente con hormigones ligeros para poder ser manejadas por un operario. Además existen piezas especiales como las de zuncho y dintel, plaqueta, etc. Análogas a las de bloques de áridos densos.

Comercialmente este bloque es denominado Arliblock por el empleo de arcilla expandida como árido ligero, conocida como “arлита”.

a. Arliblock macizo:

Bloque conformado con árido de arcilla expandida y mortero de cemento, con cualidades aislantes térmicas, que incorpora estrechas cámaras intermedias. Requiere para su terminación, un determinado acabado impermeable.

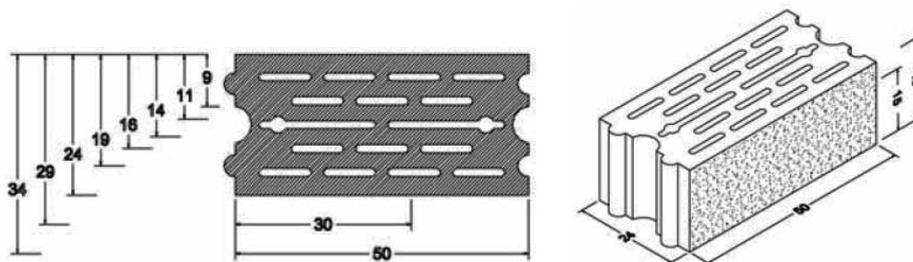


Ilustración 6. Bloque Arliblock Macizo.

b. Arliblock multicámara:

Bloque conformado con árido de arcilla expandida y mortero de cemento, dejando dos o más cámaras en su ancho, para incrementar su capacidad aislante y aumentar su ligereza. Requiere para su terminación un determinado acabado impermeable.

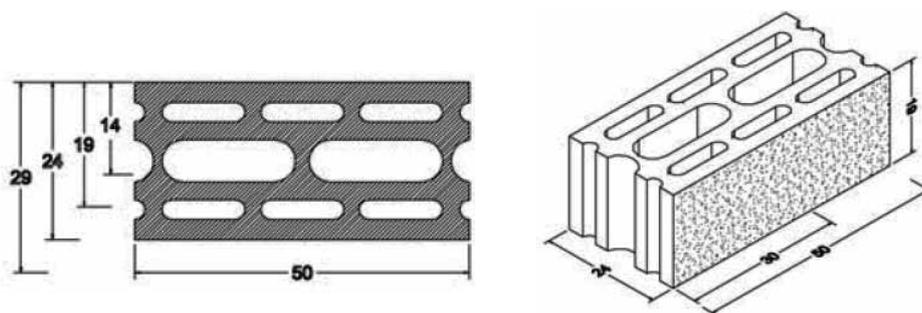


Ilustración 7. Bloque Arliblock MultiCámara.

1.1.3. LADRILLO DE HORMIGÓN (LH)

Se trata de una pieza maciza y del tamaño y formato similar al del ladrillo cerámico, con un ancho y peso capaz de asirse y sentarse con una sola mano con las medidas preferentes siguientes. La diferencia de material le confiere unas propiedades térmicas y acústicas mejoradas.

a. Normal:

El ladrillo tradicional es macizo de árido denso y responde a los formatos DIN (29x14x5 cm) o métrico (24x11,5x5 cm), aunque puede tener algunas perforaciones.

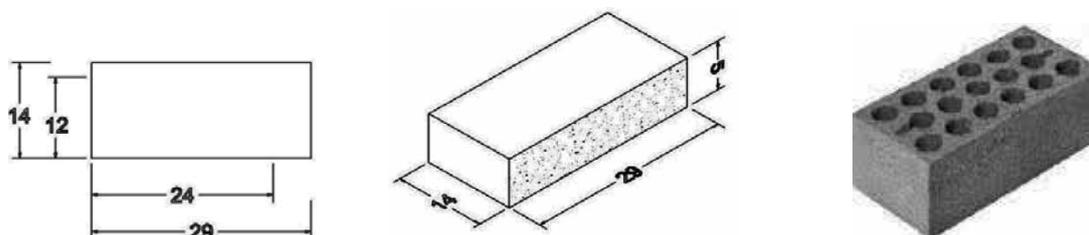


Ilustración 8. Ladrillo de hormigón macizo.

Ladrillo de hormigón perforado.

b. Alargado:

Fusión entre ladrillo y bloque, se fabrica un ladrillo tipo alargado, partiendo de bloques de hormigón con la altura de un ladrillo, y diversos tipos de perforaciones. Normalmente tiene 40 cm de largo, y puede ser machihembrado para facilitar su puesta en obra y lograr su sellado, evitando dejar vista la llaga vertical.

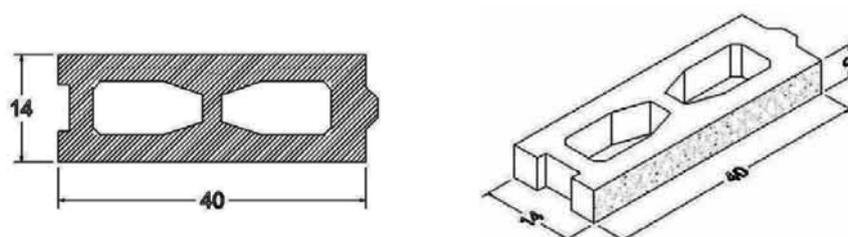


Ilustración 9. Ladrillo hueco de Hormigón alargado.

c. Aligerado:

Ladrillo de forma tradicional o alargada, pero realizada con árido ligero.

1.1.5. SILLARES DE HORMIGÓN (SH)

Suelen ser piezas macizas o huecas de forma prismática con posibles endentados o cuñas, para aumentar el rozamiento entre ellas, a la hora de asentarse en seco unas sobre otras, con una cierta inclinación o ataluzado, cuyo ángulo viene obtenido por el propio diseño de la pieza. En ocasiones pueden incorporar fijaciones mecánicas entre ellas para lograr el mismo objetivo.

Se suelen complementar con la resistencia a tracción que les ofrece el rozamiento y el peso del terreno que sostienen, gracias a emplear mallas sintéticas que actúan de tirantes y se anclan bajo dicho terreno previamente excavado y vuelto a rellenar y compactar, formando un sistema basado en la tierra armada.

a. Prismático:

Pueden ser de forma paralelepípedica, con terminaciones inclinadas en ángulo o curvas, y con distintos acabados, para obtener diversos efectos estéticos, y facilitar que en ellas se adhiera la vegetación. Pueden contemplar huecos para rellenar.

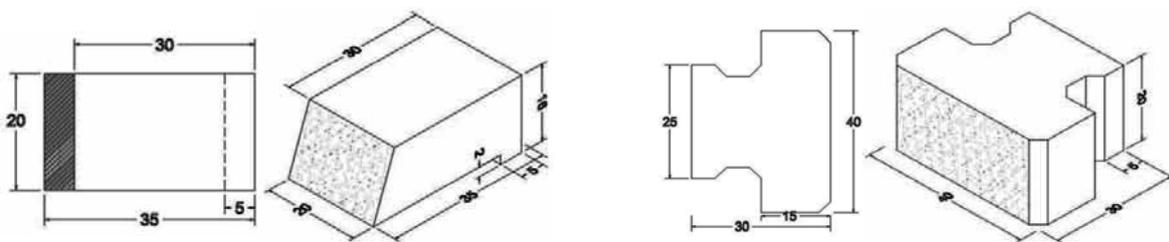


Ilustración 10. Sillares de hormigón.

b. Endentado:

En ocasiones, disponen de un endentado que permite disponerlas de forma machihembrada, para adquirir mayor resistencia, hacer muros curvos, o bien complementarlas con un relleno de grava o de hormigón armado tradicional, con posibles armaduras alojadas en sus entrantes.

1.2. MORTEROS Y HORMIGONES

Se denomina mortero a la mezcla de uno o varios conglomerantes inorgánicos, árido fino o arena, y agua con o sin aditivos.

- El conglomerante habitualmente utilizado es el cemento pudiéndose utilizar mezclas de cemento y cal.
- La arena o árido fino es el árido que pasa por el tamiz de cuatro milímetros, utilizándose árido silíceo o calizo habitualmente.
- El agua comúnmente utilizada es la del abastecimiento público necesitando realizar ensayos en el caso que se utilicen aguas procedentes de pozos.

- Por aditivo se entiende aquellos productos que incorporados al mortero modifican en estado fresco y o endurecido alguna de sus características como la trabajabilidad, impermeabilidad, etc.

TIPOS DE MORTEROS PARA FÁBRICA

1. Los morteros para fábricas se definen como ordinarios, para junta delgada, o ligeros, de acuerdo con sus componentes.
2. Se consideran prescritos por resistencia o por dosificación, según el método de definición de su composición.
3. Pueden ser de factoría (tanto dosificados como amasados), semipreparados de factoría, de obra, o premezclados, según el método de fabricación. Los morteros preparados y semipreparados de factoría deben ser conformes a la Norma EN 998-2. El mortero de obra debe ser acorde con la Norma EN 1996-2. El mortero premezclado de cal y arena debe ser acorde con la Norma EN 998-2, y debe utilizarse según esta norma.

Los morteros ordinarios para fábricas pueden ser morteros prescritos por resistencia o por dosificación, de acuerdo con la Norma EN 998-2. Los morteros para junta delgada y ligeros para fábricas deben ser morteros prescritos por resistencia de acuerdo con la Norma EN 998-2.

Dosificación: Es la proporción en la que intervienen cada uno de los componentes del mortero. Esta proporción se puede expresar en peso o en volumen de los mismos, comenzando por la cantidad de conglomerantes, cemento y / o cemento y cal, arena y agua.

Los morteros se clasifican por su resistencia a compresión a la edad de 28 días obtenida sobre probetas prismáticas de cuatro por cuatro por dieciséis cm, expresada por la letra M seguida de la resistencia a compresión en N/mm^2 , por ejemplo, M5. Los morteros prescritos por dosificación, además de la letra M, se describirán por sus componentes en volumen, por ejemplo 1:1:5 cemento: cal: arena. La dosificación se expresa en función de la resistencia a compresión.

Ejemplo: el mortero M-5 se puede obtener bien con una composición en volumen cemento, cal aérea, arena 1:0:6 o bien 1:1:7.

Para la fábrica de bloques de hormigón, teniendo en cuenta sus características, no se recomienda utilizar morteros superiores a M-5. M-7,5 en dinteles armados.

Los morteros empleados en fábricas armadas distintas a las armadas en los tendeles, no deben tener una resistencia a compresión menor de $4N/mm^2$, y para las fábricas armadas en tendeles, no debe ser menor de $2 N/mm^2$.

| Tipo de mortero | Resistencia a la compresión en N/mm ² | Cemento | Cal aérea | Arena |
|-----------------|--|---------|-----------|-------|
| M-2,5 | 2,5 | 1 | 0 | 8 |
| a | | 1 | 2 | 10 |
| M-5 | 5 | 1 | 0 | 6 |
| a | | 1 | 1 | 7 |
| M-7,5 | 7,5 | 1 | 0 | 4 |
| a | | 1 | 0,5 | 4 |
| M-15 | 15 | 1 | 0 | 3 |
| a | | 1 | 0,25 | 3 |

Tabla 2. Designación y dosificación de morteros. Ejemplo: el mortero M-5 se puede obtener bien con una composición en volumen cemento, cal aérea, arena 1:0:6 o bien 1:1:7.

1.2.1. COMPONENTES DE LOS MORTEROS

a. Cementos:

Deben cumplir las condiciones que estipule el pliego de recepción de cementos vigente, actualmente el RC03 y normas UNE-EN actualmente en vigor. Lo normal es utilizar los cementos del tipo CEM-II, con adiciones, sobre todo los tipos mixtos y cementos blancos correspondientes a los mismos.

La clase resistente de los cementos es aconsejable que sea como máximo de 32,5 N/mm², utilizándose a veces cementos de clases resistentes 22,5 y 42,5 en el caso de utilizar cementos blancos.

Hay que tener en cuenta que cuanto mayor es la clase resistente del cemento menor es la plasticidad del mortero.

En el caso de utilizar morteros blancos o coloreados se utiliza cemento blanco con o sin cal y áridos blancos procedentes normalmente de mármoles machacados, o calizas caoliníticas.

b. Cales:

La cal se suele utilizar en la fabricación de los morteros bastardos, es decir, con dos conglomerantes, cemento y cal, con lo que se mejoran la plasticidad del mortero y la retención de agua, dando una mezcla de color más claro. Lo habitual es la utilización de cales aéreas dada la escasa producción de cales hidráulicas.

c. Arenas:

Las arenas utilizadas habitualmente son las de río, naturales o de machaqueo. En este último caso hay que proceder al lavado de las mismas para evitar un alto contenido en finos que pudiera dificultar la adherencia de la pasta de cemento.

Deben carecer de materia orgánica.

Todos los áridos se deben describir en términos de tamaños del árido empleando la designación d/D. Siendo d el límite menor del tamiz y D el límite superior del mismo. Se prefieren los siguientes tamaños de árido: 0/1mm, 0/2 mm, 0/4mm, 0/8mm, 2/4mm, 2/8mm.

NOTA: Excepto los áridos adicionados como filleres, que deben ser descritos como filler del árido. Filler del árido: árido cuya mayor parte pasa por el tamiz de 0.063 mm y que se puede añadir a los materiales de construcción para obtener ciertas propiedades.

La granulometría de los áridos debe estar conforme con los requisitos que se citan a continuación, en función del tamaño del árido (d/D), excepto cuando para usos especiales se especifiquen otros límites.

| Tamaño de los áridos mm | Límites en porcentaje, en masa, que pasa | | | | |
|-------------------------|--|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| | Límites superiores | | | Límites inferiores | |
| | 2 D ^a | 1,4 D ^b | D ^c | d | 0,5 d ^b |
| 0/1 | 100 | 95 a 100 | 85 a 99 | - | - |
| 0/2 | 100 | 95 a 100 | 85 a 99 | - | - |
| 0/4 | 100 | 95 a 100 | 85 a 99 | - | - |
| 0/8 | 100 | 98 a 100 | 90 a 99 | - | - |
| 2/4 | 100 | 95 a 100 | 85 a 99 | 0 a 20 | 0 a 5 |
| 2/8 | 100 | 98 a 100 | 85 a 99 | 0 a 20 | 0 a 5 |

a. Cuando sea esencial para empleos especiales, el tamiz por el que pase el 100% del árido se puede especificar para un valor inferior a 2D. Para mortero de capa fina (0/1), el 100% del árido debe pasar por D.

b. Cuando los tamices calculados para 0,5 d y 1,4 D no sean números exactos de la serie ISO 565:1990/R20, se puede adoptar la dimensión más próxima del tamiz.

c. Si el porcentaje que pasa por D es superior al 99% en masa, el productor debe documentar y declarar la granulometría típica, que indica la norma 13139:2002.

Tabla 3. Tamaño de los áridos para morteros.

Además el tamaño máximo de la arena deber ser menor o igual que un tercio del espesor de la junta.

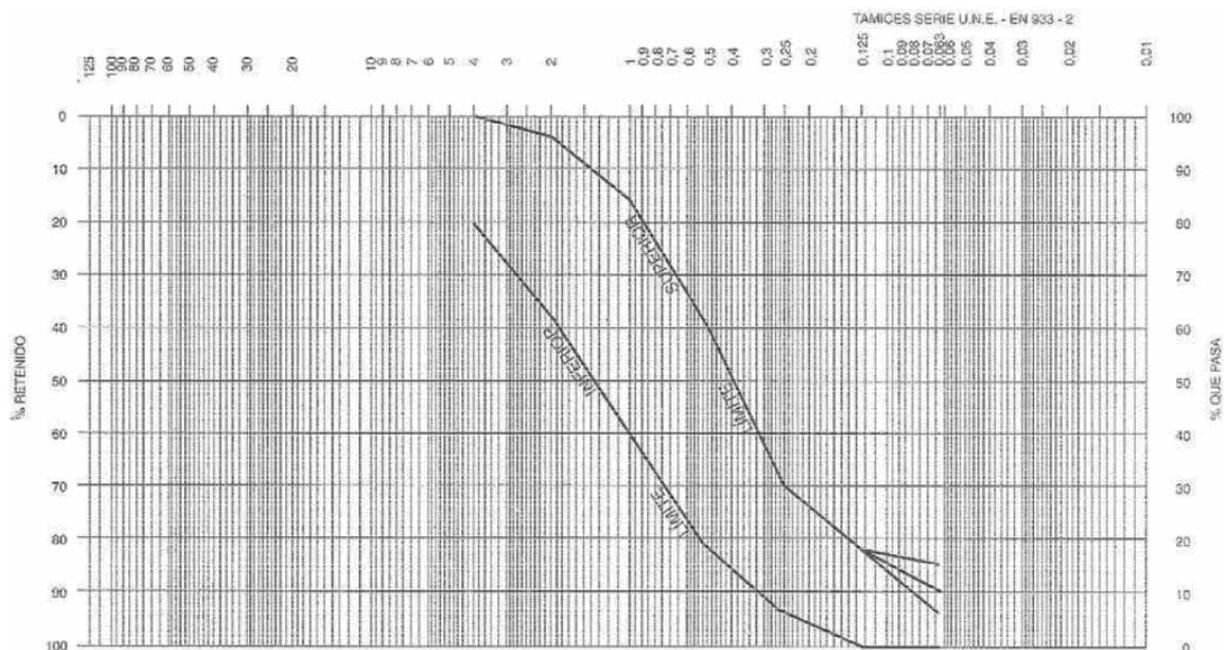


Tabla 4. Huso granulométrico del árido fino.

Huso granulométrico del árido fino: Es importante que la granulometría del árido permanezca constante durante la ejecución de la obra, ya que los cambios en dicha granulometría pueden obligar a realizar ajustes en la composición del hormigón por su repercusión sobre la cantidad de cemento y de agua.

Se recomienda que la cantidad resultante de sumar el contenido de partículas del árido fino que pasan por el tamiz UNE 0,063 y la componente caliza, en su caso, del cemento no sea mayor de 175 kg/m³. El empleo de áridos gruesos con formas inadecuadas dificulta extraordinariamente la obtención de buenas resistencias y, en todo caso, exige una dosis excesiva de cemento.

d. Aguas:

Se pueden utilizar para el amasado de morteros las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

No se utilizarán aguas de mar dado que su uso puede producir eflorescencias en las fábricas. En el caso de fábricas armadas podría producir el ataque a las armaduras.

e. Aditivos:

En el caso de utilizar aditivos debe comprobarse que no afecten de forma desfavorable a la calidad del mortero, de la fábrica, y a la durabilidad.

Los aditivos se clasifican según el efecto principal es decir, la característica que se quiera mejorar, en plastificantes, inclusores de aire, hidrófugos etc.

También se utilizan aditivos para modificar los tiempos de fraguado.

1.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MORTEROS

1.2.2.1. Morteros en estado fresco

a. Plasticidad:

Es la propiedad que define la trabajabilidad del mortero. Depende de la consistencia de la granulometría de la arena y de la cantidad de finos que contenga la arena. Se puede mejorar con el uso de aditivos plastificantes y/o aireantes.

Los morteros en los que se utiliza cal, mejoran notablemente la plasticidad, ya que aumenta el número de finos actuando como lubricante.

b. Retención de agua:

Es la propiedad que tienen los morteros para mantener la trabajabilidad cuando están en contacto con piezas absorbentes, evitando que pierda el agua de forma rápida, lo que además podría dar problemas en el fraguado del cemento pudiéndose producir el ahogamiento del mismo.

Se mejora notablemente con el uso de la cal o aditivos específicos.

c. Segregación:

Es la separación de los componentes del mortero lo que origina morteros disgregados. Se evita añadiendo agua en exceso y utilizando arenas con tamaños no muy grandes.

d. Adherencia:

Es la propiedad que mide la facilidad o resistencia que presenta el mortero al deslizamiento sobre la superficie del soporte en el que se aplica. Se mejora mediante un mayor incremento de cemento y cal y mediante el uso de finos arcillosos en la arena.

1.2.2.2. Mortero en estado endurecido

a. Resistencia mecánica:

Viene expresada por su resistencia compresión en N/mm^2 a la edad de 28 días sobre probetas prismáticas de 4x4x16 cm. Estas resistencias vienen tipificadas en las siguientes series:

M-1, M-2,5, M-5, M-7,5, M-10, M-12,5, M-15, M-20 y M-30

Siendo aconsejable no usar una serie superior a 5 N/mm^2 .

b. Adherencia:

Es relación directa de la resistencia a tracción del mortero y de la correcta puesta en obra del mismo.

c. Heladicidad:

Es la resistencia que presenta el mortero a ciclos de hielo-deshielo. Se consigue una buena resistencia a las heladas realizando morteros compactos, utilizando aditivos adecuados y mediante un proceso cuidado en la ejecución.

1.2.3. HORMIGÓN DE RELLENO

El hormigón puede ser prescrito por resistencia o por dosificación, y debe contener sólo el agua suficiente para obtener la resistencia especificada y la adecuada docilidad. La docilidad del hormigón de relleno debe ser tal que asegure que los huecos se llenen completamente, cuando el hormigón se coloca según la Norma EN 1996-2.

El hormigón de relleno será el especificado en los documentos del proyecto. En general tendrá la consistencia adecuada para rellenar los huecos teniendo en cuenta la absorción de las piezas de hormigón y juntas de mortero dado que pueden variar la consistencia del hormigón.

La dosificación podrá realizarse en peso o en volumen, siendo aconsejable la primera teniendo en cuenta la corrección de humedad de los áridos, sobre todo de la arena, por su influencia en la consistencia del mismo.

Es preferible el amasado en amasadoras mecánicas para la correcta mezcla de sus componentes. Cuando se requiera una mayor uniformidad o unos requisitos especiales de resistencia, se recomienda el uso de hormigón fabricado en central.

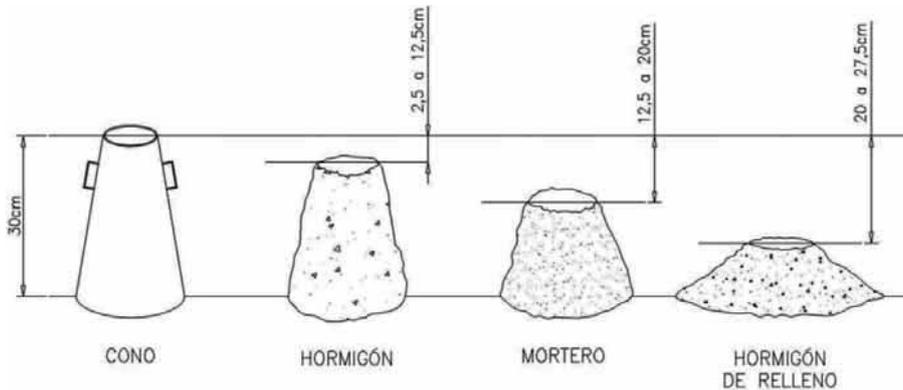


Ilustración 11. Diferencias de plasticidad entre hormigón en masa, mortero y hormigón de relleno.

Los áridos cumplirán de forma general las especificaciones contenidas en la Instrucción EHE en relación a las características físicas, químicas y mecánicas. El tamaño máximo irá en función de las dimensiones de los huecos a rellenar y del recubrimiento necesario de las armaduras, no siendo aconsejable el uso de tamaños superiores a 20 mm aconsejándose de forma general los tamaños de 10 y 12 mm.

La resistencia característica a compresión del hormigón sobre probeta cilíndrica de 150 mm x 300 mm a la edad de 28 días será la especificada en el proyecto, no debiendo ser inferior a 10 Mpa. En los casos que así se determine se realizarán los ensayos oportunos.

Cuando se vayan a utilizar aditivos y/o adiciones, se aprobarán previamente por parte de la dirección de obra y en cualquier caso se garantizará que no afecta de forma negativa a la durabilidad de las fábricas y materiales componentes ni a cualquier otra propiedad.

1.3. ARMADURAS

Existen tres tipos de armaduras diferenciadas para emplear en la fábrica (al margen de tendones de atirantado para elementos pre/post-tensados), que se diferencian tanto por su tipo de prefabricación industrial, como por su empleo específico en obra, facilitando con ello, la colocación del armado en la albañilería, y garantizando la durabilidad adecuada del acero, en función de si quedan embebidas en hormigón o recubiertas de mortero, y del medioambiente en que se empleen.

Las armaduras podrán ser barras lisas o corrugadas de acero, pudiendo no tener ninguna protección frente a la corrosión, o tener un determinado tratamiento de protección como el galvanizado, o capa epoxi sobre galvanizado..., o ser de acero inoxidable.

A la hora de escoger el tipo de armadura a emplear, además de su resistencia (diámetro), y su tipología (barras, armaduras de tendel, costillas), habrá que tener en cuenta su grado de protección frente a la corrosión, de acuerdo al grado de agresividad del medioambiente, teniendo en cuenta la disposición de la armadura según el tipo de fábrica:

- Armaduras sin proteger frente a la corrosión,
 - . con acero totalmente embebido en el hormigón.
 - . con acero embebido en mortero en muros revocados.
- Armaduras protegidas con galvanizado ligero,
 - . con acero embebido en mortero para muros interiores.
- Armaduras protegidas con galvanizado ligero + capa epoxi,
 - . con acero embebido en el mortero en muros exteriores cara vista.
- Armaduras protegidas con galvanizado fuerte o inoxidable,
 - . con acero total o parcialmente al aire.

1.3.1. BARRAS CORRUGADAS. TIPOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS

Se trata de barras de acero que presentan unos abultamientos secuenciales que logran aumentar la adherencia entre el hormigón o el mortero, y el armado. Las barras corrugadas se sirven en obra sin ningún tratamiento anticorrosión, por lo que su empleo es idóneo embebidas en el hormigón, cuya proporción de cemento evita su corrosión.

a. Barras longitudinales

Suelen emplearse con diámetros que oscilan entre 8, 10, 12, 14, 16, 20 mm. Su uso más frecuente es en la formación de un zuncho mínimo cada 5 hiladas con 2 x Ø8.

b. Estribos y/o cercos

Suelen emplearse con diámetros de 6 u 8 mm para formar cadenas de atado en el interior de piezas especiales rellenas de hormigón.

c. Organización espacial de la ferralla

Previo a su colocación en la albañilería, se requiere organizar la composición espacial del armado o ferralla, que ha de incluirse en el interior de las pilastras, vigas o zunchos de hormigón armado, que se ubican en la fábrica de bloque de hormigón hueco, aprovechando sus perforaciones verticales y piezas en "U".

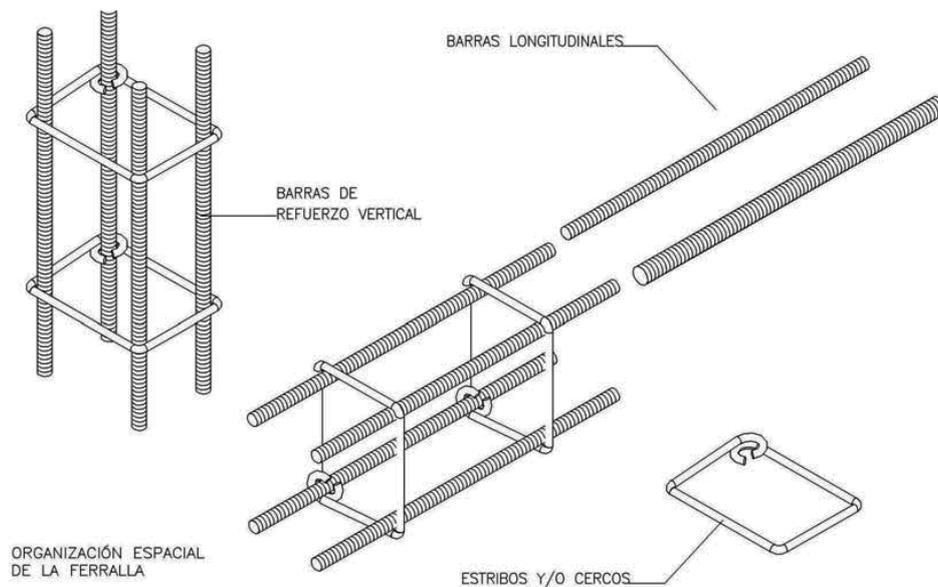


Ilustración 12. Barras, estribos y ferralla espacial de pilares y vigas o zunchos.

Suele emplearse la combinación de los diámetros 6 y 8 de los estribos, con las armaduras longitudinales de mayor diámetro de 12, 16 ó 20 mm.

1.3.2. ARMADURAS DE TENDEL PREFABRICADAS. TIPOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS

Con el fin de agilizar la puesta en obra del armado por parte del albañil y poder asegurar su correcta colocación de acuerdo con el cálculo, se han diseñado las armaduras prefabricadas de tendel.

Se fabrican en distintos anchos, y con el tratamiento anticorrosión adecuado para estar embebidas en mortero frente a cualquier medioambiente.

Estas armaduras se rigen por la Norma EN 845-3: Especificaciones de componentes auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 3: Armaduras de junta de tendel de malla de acero.

a. Cerchas:

La especial conformación triangulada de las armaduras de tendel tipo cercha, constituidas con dos alambres longitudinales de 4 ó 5 mm de diámetro, soldadas entre sí y en su mismo plano con otro alambre diagonal en zig-zag, ofrece las mayores prestaciones técnicas de las armaduras prefabricadas de tendel, tanto si se emplean en un muro de fábrica homogéneo de una hoja, o en un muro de dos hojas de materiales de fábrica homogéneos o heterogéneos.

El endentado de los alambres longitudinales de las cerchas y su triangulación, aumentan la adherencia y la transmisión de esfuerzos entre el mortero y el acero.

Las fábricas armadas regularmente con cerchas en los tendeles, controlan la fisuración de la albañilería, ya que soportan las deformaciones impuestas debidas a dilataciones, contracciones, retracciones y expansiones, así como la flexión vertical y horizontal a la que pueda someterse la fábrica, tanto si se trata de muros de una hoja como de muros capuchinos.

b. Retículas:

Las retículas de tendel prefabricadas, emplean una combinación de pletinas y alambres soldados ortogonalmente, cuya funcionalidad técnica dista claramente de las cerchas antes descritas, por su forma y falta de endentado. Suelen emplearse alambres de 3, 4 ó 5 mm de diámetro o pletinas de 2x8 mm y se fabrican en varios anchos.

c. Mallas expandidas:

Con chapas de alambre caladas expandidas, se fabrican mallas idóneas para repartir esfuerzos concentrados en los tendeles de la fábrica.

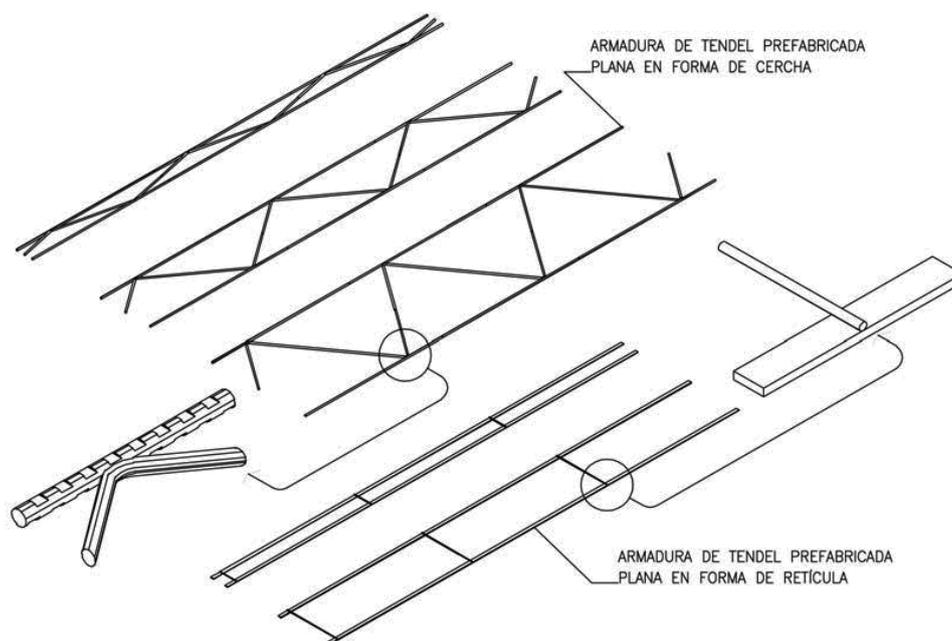


Ilustración 13. Tipologías de armaduras de tendel prefabricadas planas: en cercha y en retícula de distintos anchos y prestaciones.

1.3.3. COSTILLAS VERTICALES PREFABRICADAS: TIPOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS

Para ubicar en los huecos verticales de la fábrica, o en las llagas continuas, se han desarrollado las costillas prefabricadas, que con la tipología de cercha doble, con capacidad autorresistente, permite además de cumplir significativas prestaciones técnicas, ejecutar la albañilería acometiéndola sobre un elemento estable frente al viento durante la fase de ejecución.

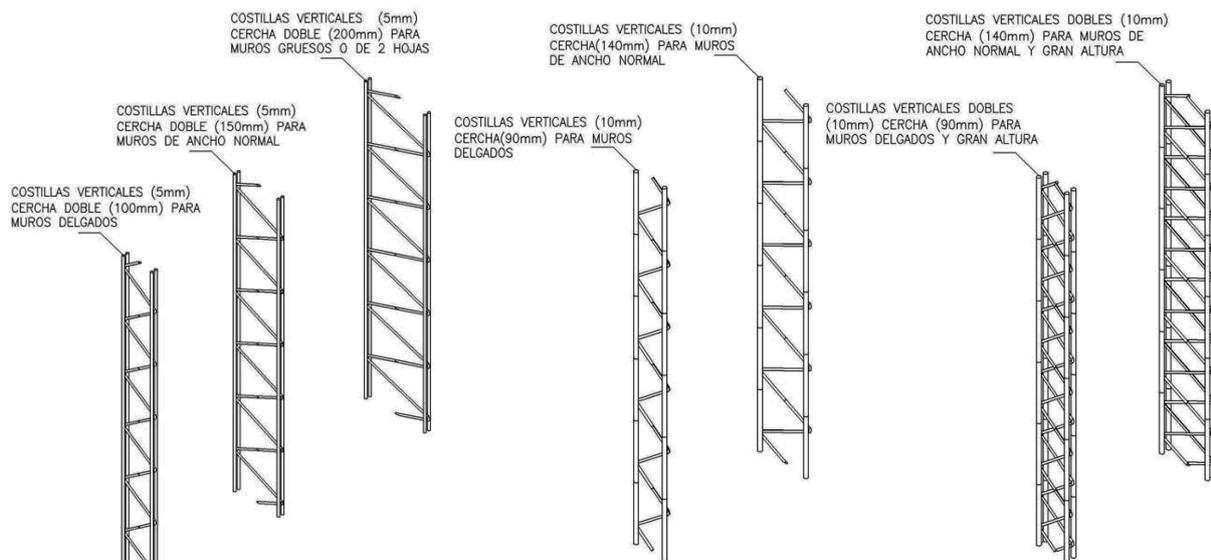


Ilustración 14. Costillas verticales de refuerzo prefabricadas. Cerchas sencillas, cerchas dobles y cerchas sencillas duplicadas.

Las costillas se regirán por la Norma EN 845 Parte 4: Costillas de fábrica con sus fijaciones.

a. Cerchas dobles:

Se prefabrican con diversos diámetros (5, 6 u 8 mm) y distintos anchos (100, 150, 200 mm) para adecuarse a cada tipo de fábrica y con diversos tratamientos anticorrosión.

b. Cerchas sencillas:

Variante de las anteriores con armaduras longitudinales sencillas en lugar de dobles.

1.4. LLAVES, ANCLAJES Y FIJACIONES

Los muros de fábrica pueden requerir elementos complementarios, normalmente metálicos, para conectarse entre sí o con otras estructuras resistentes.

Las llaves son los conectores que afianzan entre sí las dos hojas de fábrica de un muro capuchino.

Los anclajes son los conectores que afianzan un elemento de fábrica, con cualquier otra estructura, normalmente de hormigón armado, de acero o también de fábrica.

En función del tipo estructural que se esté desarrollando constructivamente, podrán requerirse llaves o anclajes sin que ofrezcan ninguna libertad de movimiento, o bien una o bien dos.

Los anclajes se rigen por la Norma EN-845 Parte 1: Especificación de componentes auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 1: Llaves, amarres, colgadores, ménsulas y ángulos.

La Norma UNE 41957 Parte 2 (en elaboración) desarrolla los anclajes de muros bajo el título: Anclajes para revestimientos de fachadas de edificios. Parte 2: Subsistemas para revestimientos pesados.

Las fijaciones de las costillas de desarrollarán conjuntamente con ellas, en la Norma (en preparación) EN 845 Parte 4: Costillas de fábrica con sus fijaciones.

1.4.1. LLAVES DE ATADO ENTRE MUROS

Suelen emplearse pletinas o alambres con determinados dobleces para asegurar la adecuada adherencia con el mortero dispuesto en cada una de las hojas de fábrica, así como incorporar alguna doblez más intermedia que actúe de goterón para que el agua de lluvia que pueda infiltrarse en la cámara de aire, descienda hasta la base del muro donde se deshaga convenientemente.

a. Llaves de atado de Pletinas y/o Alambres entre hojas sin libertad de movimiento:

Se fabrican pletinas abiertas en sus extremos y dobladas para provocar un goterón, así como alambres doblados de diversas formas con el mismo objetivo.

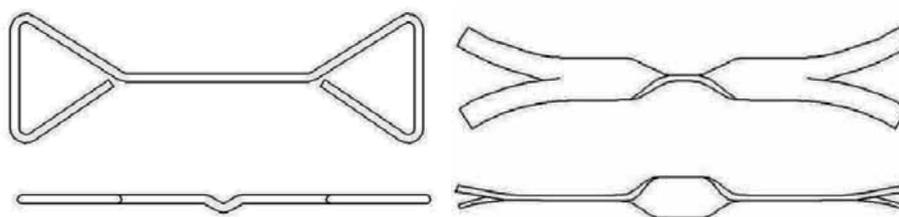


Ilustración 15. Llaves de Pletinas y/o alambres entre hojas.

b. Llaves de atado para juntas de movimiento verticales con 1 libertad de movimiento:

Se emplean cuando sea necesario disponer llaves en las juntas de movimiento verticales, que conecten los dos paños de fábrica adyacentes, siendo, al mismo tiempo, capaces de transmitir, entre ambos paños, los esfuerzos horizontales ejercidos sobre ellos por el viento, por lo que normalmente contemplan a uno de los lados del anclaje, fundas que eviten la adherencia del mortero al mismo, permitiendo deslizar el anclaje dentro de él.

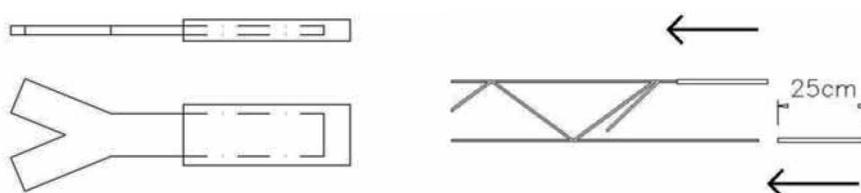


Ilustración 16. Llave para juntas de movimiento verticales capaces de transmitir esfuerzos horizontales perpendiculares al muro, con pletinas y alambres.

c. Llave de atado con doble libertad de movimiento y con capacidad de ajustar el atado de las dos hojas a distintos niveles:

Esta singular pieza hecha con alambres (o su variante con pletinas), permite machihembrarse consigo misma, ofreciendo libre movimiento en las direcciones vertical y horizontal del plano del muro, con lo que permite el atado de las dos hojas de fábrica de un muro a distintos niveles, además de actuar de goterón para el agua infiltrada en la cámara, y sujetar el aislamiento en la posición deseada.

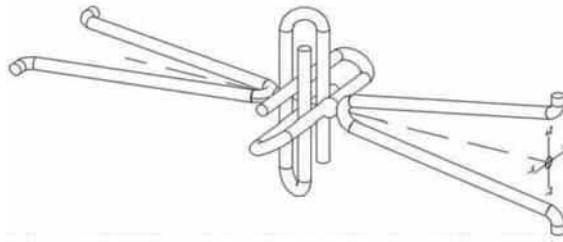


Ilustración 17. Llave de atado con doble libertad de movimiento y capaz de ajustar el atado de las dos hojas a distintos niveles.

1.4.2. ANCLAJES DE CONEXIÓN ENTRE MUROS Y OTRAS ESTRUCTURAS SEGÚN LIBRE MOVIMIENTO

Se emplean para garantizar su funcionalidad a la hora de afianzar los muros de fábrica a otras estructuras resistentes, garantizando que no transmitan esfuerzos no deseados (producidos por movimientos de la fábrica o de la estructura), que puedan producir el agrietamiento de la fábrica.

a. Anclajes de conexión empotrados (sin libertad de movimiento):

Se emplean sólo cuando no hay variaciones de comportamiento ni de cargas entre los dos componentes (el muro y la estructura) a conectar entre sí (suele ser un redondo fijado con epoxi).

b. Anclajes de conexión con libertad de movimiento en "Z":

Se emplean entre muros de carga y muros de arriostamiento, cuando no se desea transmitir el esfuerzo cortante, originado por la gran diferencia de carga vertical existente entre ambos.

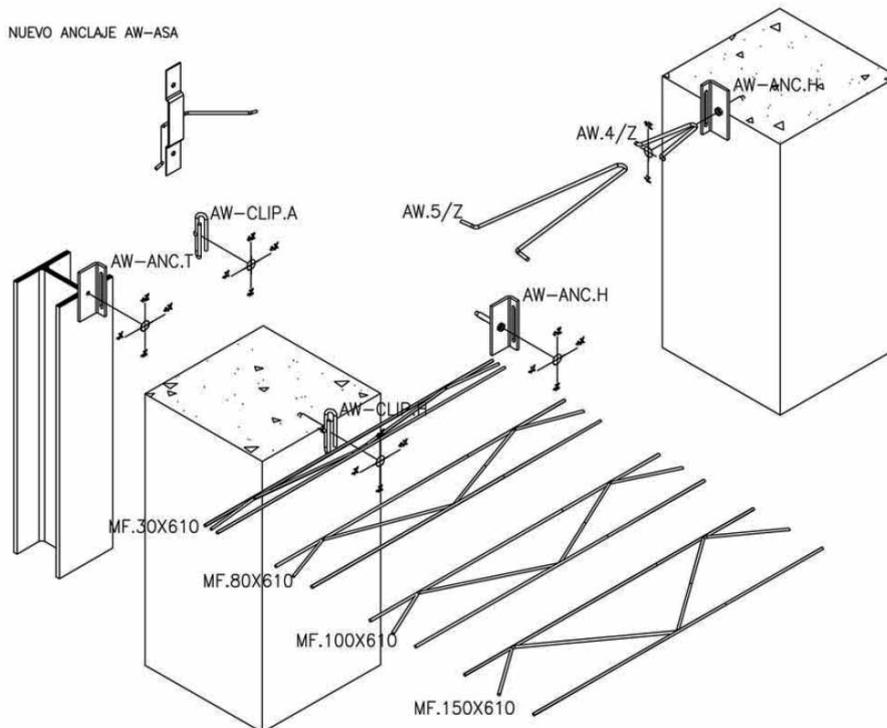


Ilustración 18. Anclajes de conexión con una libertad de movimiento en "Z".

c. Anclajes de conexión con 2 libertades de movimiento "X" y "Z":

Se emplean entre muros de cerramiento y estructuras porticadas para permitir que el muro de fábrica se asiente verticalmente ("Z") y se dilate, contraiga o retraiga horizontalmente ("X"), al tiempo de ser capaz de soportar y transmitir los esfuerzos horizontales del viento perpendiculares al muro.

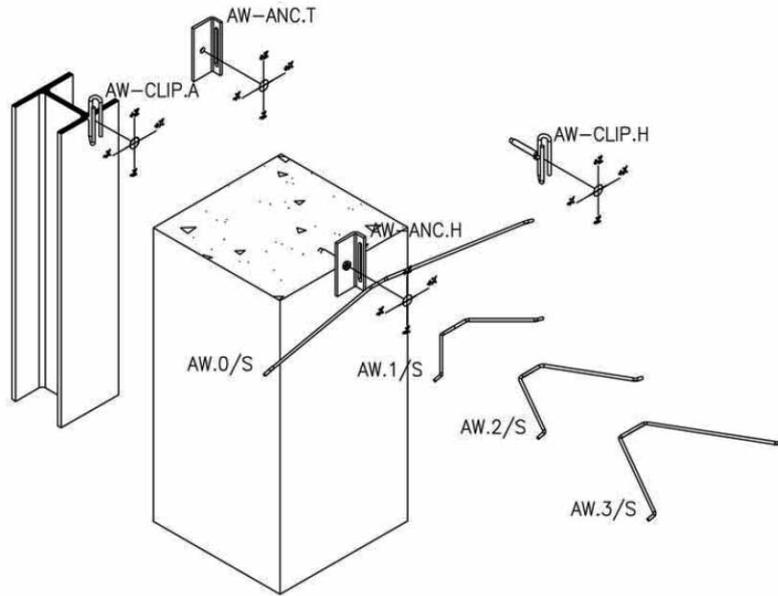


Ilustración 19. Anclajes de conexión con 2 libertades de movimiento en "X" y "Z".

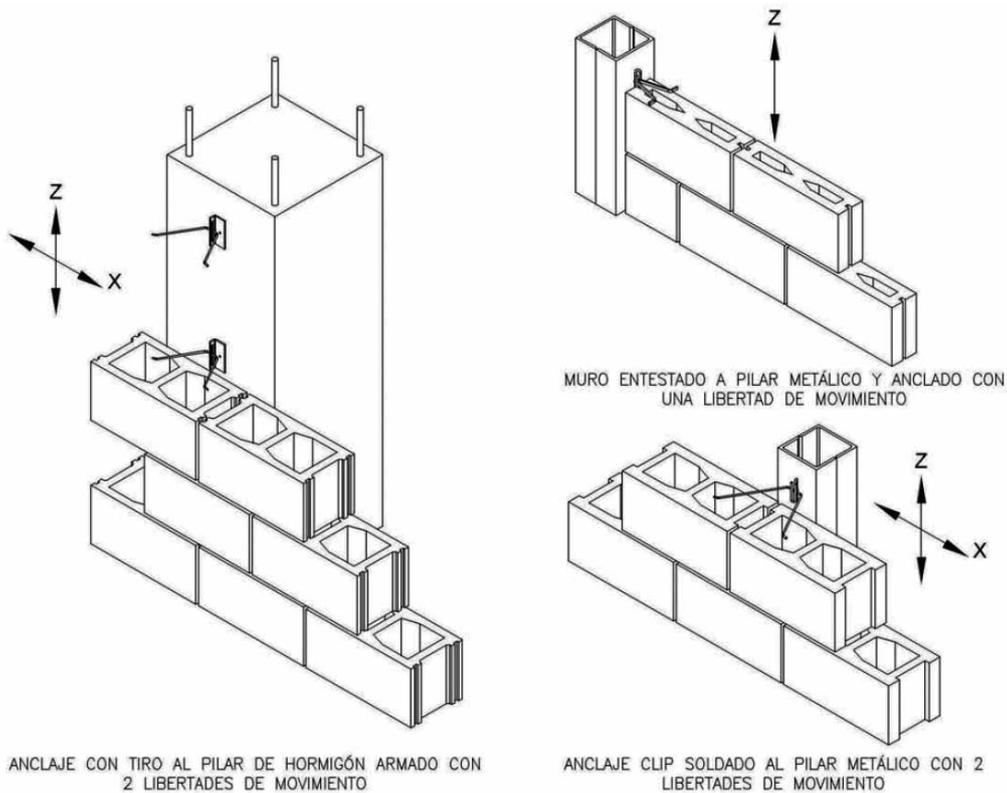


Ilustración 20. Anclajes a pilares con 1 ó 2 libertades de movimiento del plano del muro.

1.4.3. TIPOLOGÍA DE FIJACIONES DE COSTILLAS

Las fijaciones son los elementos que conectan las costillas de fábrica entre sí o a otros elementos estructurales, pudiendo tener diversidad de conformaciones en función de las solicitaciones que deban soportar.

Normalmente se afianzan en la triangulación de las costillas, con presillas roscadas por el albañil y pueden disponerse con distintas libertades de movimiento.

a. Fijaciones de anclaje para empotrar alineado al forjado:

Se disponen una o dos en el arranque de las costillas, para evitar el vuelco de la fábrica en uno o los dos sentidos perpendiculares al muro respectivamente.

En los petos de fábrica, se requieren también dos para colgar las costillas de los forjados.

Pueden fijarse directamente con resina epoxi, o con tacos de expansión, si tienen dispuesta una lengüeta para ello. No ofrecen libertades de movimiento.

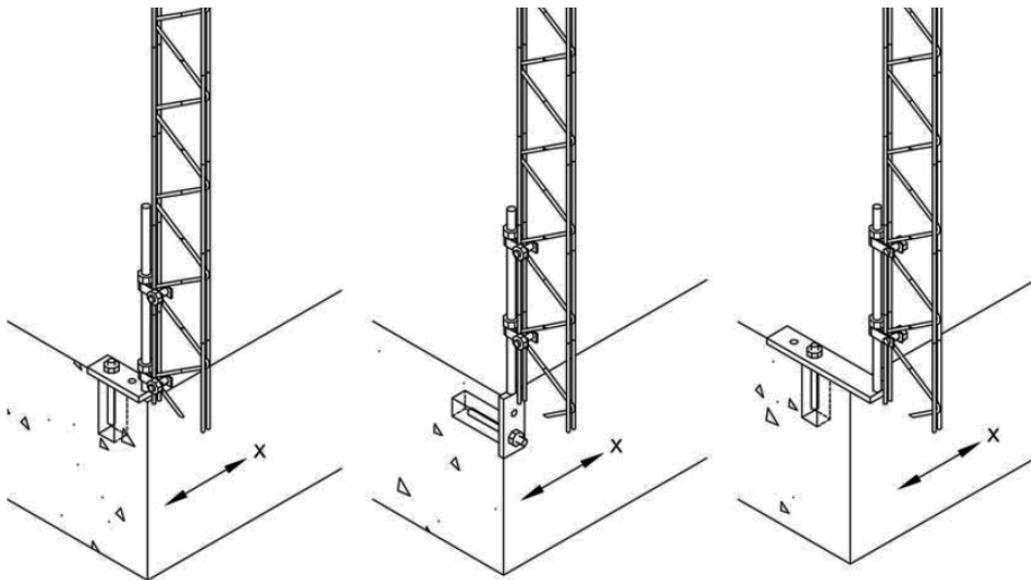


Ilustración 21. Fijaciones para anclar o empotrar en línea.

b. Fijaciones de retención al viento con 1 ó 2 libertades de movimiento:

Se dispone una en la parte superior de la costilla bajo el forjado, pudiendo tener la libertad de movimiento vertical ("Z"), haciendo una perforación más honda que el espárrago del anclaje, para permitir la flecha del forjado, e incluso doble libertad de movimiento ("X", "Z"), si la longitud del paño lo requiere, con la incorporación de un conector intermedio deslizante en la dirección "X".

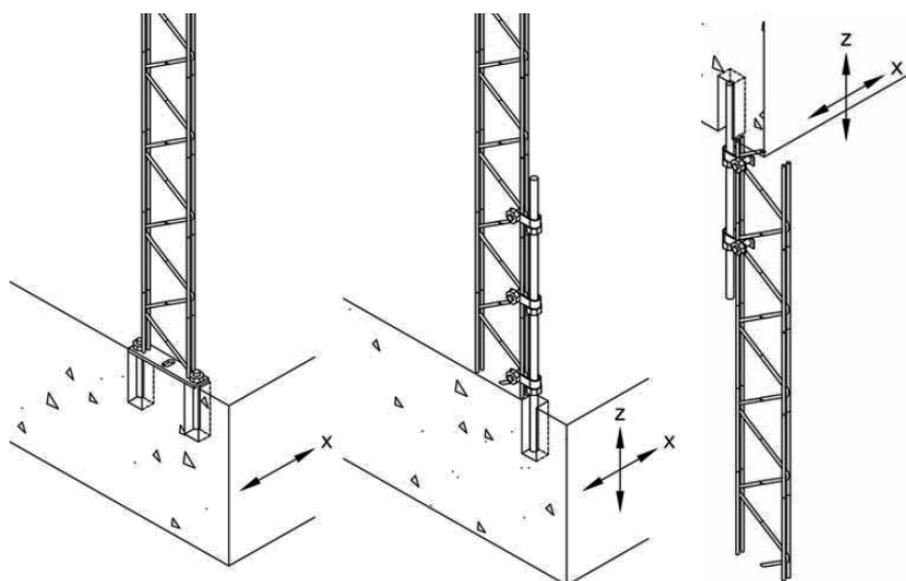


Ilustración 22. Fijaciones para anclar o empotrar en ángulo.

1.5. IMPERMEABILIZANTES, AISLAMIENTOS Y SELLANTES

Para la funcionalidad higrotérmica y acústica de la edificación, a veces es necesario combinar los materiales de fábrica con otros componentes para controlar las humedades, las pérdidas de calor y aminorar la transmisión del ruido.

a. Impermeabilizantes y barreras de humedad:

Se dispondrán láminas o barreras impermeables un palmo por encima del nivel del terreno (unos 20 cm), para evitar que el agua de lluvia o del suelo, ascienda por capilaridad por el muro de fábrica.

Se dispondrán impermeabilizantes en forma de canal en los muros de fachada y encima de los forjados donde apoyen, para evacuar el agua de lluvia que pueda infiltrarse en la cámara de aire.

En ocasiones, podrán sustituirse los impermeabilizantes, empleando morteros hidrófugos apropiados.

b. Canaletas, drenajes y desagües:

Para evitar que el agua pueda gotear por la fachada, podrán emplearse canaletas, drenajes o desagües que conduzcan el agua a los lugares de desagüe apropiados o provoquen el goteo separándolo del paño de fábrica.

c. Remates, vierteaguas, antepechos:

Para evitar que el agua de lluvia se infiltre por los remates superiores de los muros, o en los antepechos de los huecos, se dispondrán piezas especiales de hormigón con la inclinación apropiada y el goterón correspondiente que logren alejar el agua de lluvia de la fachada.

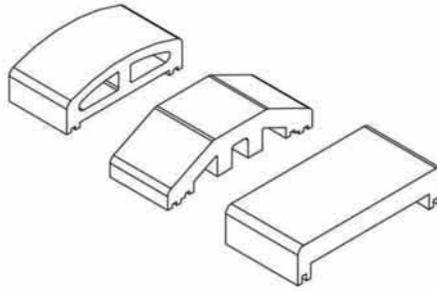


Ilustración 23. Albardillas para remates, vierteaguas y antepechos.

d. Cámaras de aire ventiladas:

Con el fin de que seque la posible humedad que pueda infiltrarse en la cámara de aire, se dispondrán llagas de mortero sin rellenar en la parte inferior y superior de los muros, con el fin de provocar la ventilación natural de la cámara. Bastará dejar sin rellenar 5 cm² de llaga por cada ml de muro.

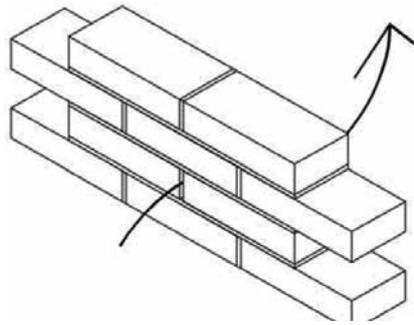


Ilustración 24. Ventilación de la cámara de aire en cerramientos.

Igualmente es posible ejecutar fachadas ventiladas con mayores superficies de ventilación, dejando mayor separación entre piezas o seccionando piezas. Este tipo de soluciones ofrecen una fachada ventilada autoportante, diferente a las soluciones habituales en esta tipología de fachadas.

e. Aislamientos en planchas, en rollos o proyectados, y barreras de vapor:

Los tres tipos de presentaciones de aislamientos que se ofrecen en el mercado, tienen diferentes ventajas en su colocación y funcionalidad.

En planchas: Se acomodan al proceso de ejecución del muro por niveles. Requieren una atención en los solapes y sistema de fijación.

En rollos: Se acomoda sobre el frente o trasdós de una de las dos hojas levantadas y requiere sistema de fijación, y atención a colocar la barrera de vapor en la cara caliente del aislante.

Proyectados: Son fáciles de colocar y aseguran la estanqueidad, aunque hay que controlar el grueso prescrito en el proyecto.

f. Sellado de juntas:

Para evitar que el agua de lluvia se infiltre en las juntas verticales y horizontales de movimiento, éstas se sellarán convenientemente con productos elásticos, disponiendo previamente en su interior, un burlete que actúe de tope del sellado.

1.6. APOYOS ESPECIALES

Se han desarrollado apoyos para soportar puntualmente las fábricas de cerramiento de ladrillo de hormigón, contando con el efecto arco que la fábrica armada permite aprovechando las armaduras de tendel sobre el arranque del cerramiento a nivel de cada planta.

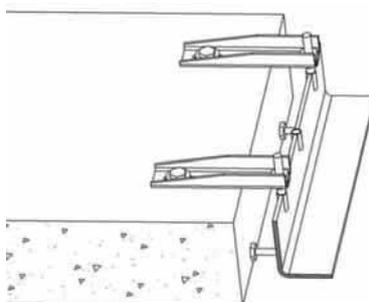


Ilustración 25. Ejemplo de apoyo para cerramientos.

Este sistema permite hacer el cerramiento de hoja exterior pasante, con aislamiento continuo por delante de la estructura, evitando puentes térmicos y paso de humedades.

Estos apoyos serán necesarios cuando el cálculo lo requiera, pudiendo ejecutarse fábricas exentas de apoyo a nivel de forjado, siempre que se cuente con un apoyo suficiente en su arranque.

Los meros anclajes al canto de los forjados para evitar el pandeo o los empujes laterales, pueden resolverse con barras fijadas mediante taladro y resina adhesiva.

2. ELEMENTOS: ORGANIZACIÓN CONSTRUCTIVA DE MUROS Y FORJADOS

La edificación con componentes prefabricados estandarizados, permite diseñar con la modulación de la pieza empleada, lo que simplifica mucho la ejecución posterior y evita errores de replanteo, y cortes de piezas en obra.

Si los componentes estructurales (forjados, pilares, etc.) están modulados con relación al tamaño de las piezas empleadas, será fácil lograr la adecuada interrelación entre dichos componentes.

2.1. COORDINACIÓN MODULAR DE LA OBRA DE FÁBRICA

Se debe diseñar teniendo en cuenta la coordinación modular, es decir, un sistema basado en un módulo formado por submódulos (bloques enteros, medios, cuartos, etc.), que minimicen los cortes y ajustes en obra. Si el módulo establecido en el diseño se elige adecuadamente, proporcionará gran flexibilidad a la hora de componer las distintas dimensiones del muro, vanos de puertas, ventanas, etc.

Al emplear el bloque de hormigón visto de modulación 40x20 cm, es conveniente diseñar los huecos de acuerdo a dicha modulación, tanto en ancho como en altura, recordando que a cada hueco le corresponde la medida del número de piezas más 1 cm de juntas, mientras que por el contrario a cada machón, la medida resultante depende del número de piezas empleadas menos 1 cm.

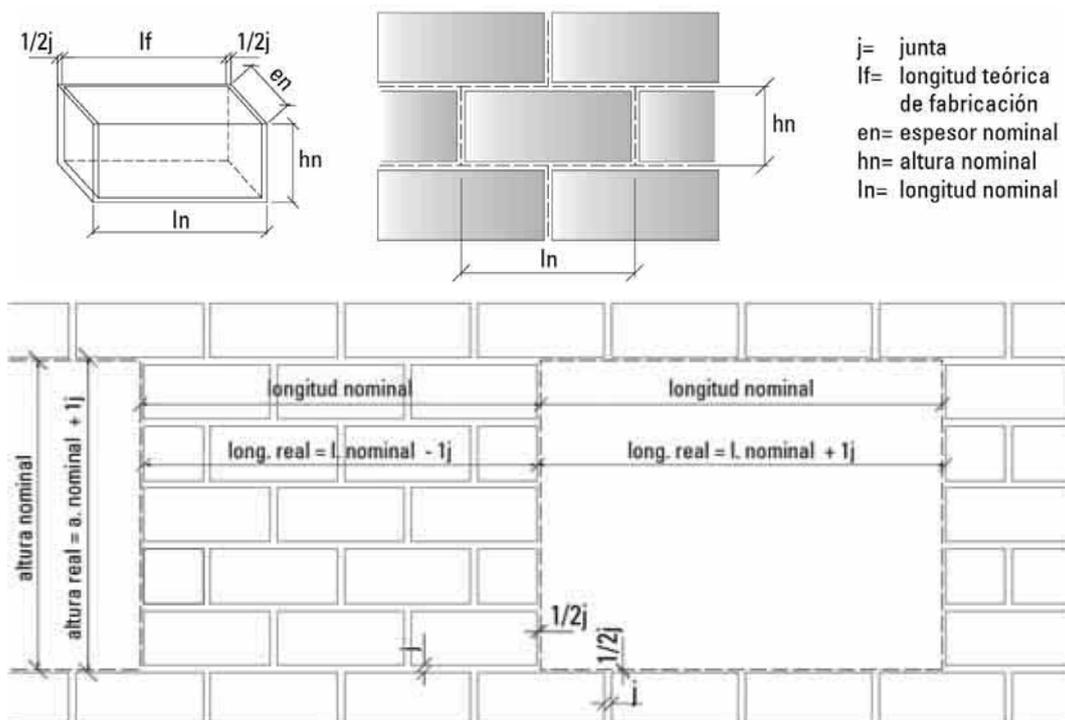


Ilustración 26. Coordinación dimensional de la fábrica. El módulo de fábrica contempla la pieza con la junta.

A la hora de determinar la altura entre forjados, conviene contemplar su grueso estructural, así como el nivel de apoyo, para que, a ser posible, coincida con el módulo de 20 cm de altura de los bloques de hormigón.

Si hay que atar dos hojas de fábrica entre sí de materiales de distinta altura, caben dos posibilidades:

- Modular la hoja exterior y la hoja interior buscando niveles coincidentes entre ambas para atar con armaduras de tendel a caballo de ambas hojas.
- No modular ambas hojas y emplear llaves de atado con ajustes de nivel.

Cuando deban conectarse hojas interiores y exteriores entre sí (como el caso de los muros de arriostramiento al encontrarse con los muros de carga de fachada) y no se desee que afecte a la modulación de la hoja exterior de la fachada, podrán emplearse conectores metálicos en lugar de tener que aparejar las piezas.

Para realizar dinteles de fábrica con piezas en "U", estas han de apoyarse sobre los machones, adentrándose en los laterales del hueco al menos una pieza de 20 cm estando rellena de hormigón armado.

Antes de empezar la ejecución, conviene definir los siguientes parámetros de ejecución de la fábrica, referidos al tamaño de las piezas y su colocación con mortero, con el fin de modular la edificación en base a la pieza empleada.

Las piezas: Dimensiones.

- Fabricación: son las dimensiones teóricas adoptadas por el fabricante.
- Efectiva: son las dimensiones que se obtienen por medición directa sobre el bloque.
- Nominal: son las dimensiones de modulación del bloque incluyendo juntas y tolerancias.

Las juntas.

- Tendeles.
- Llagas.

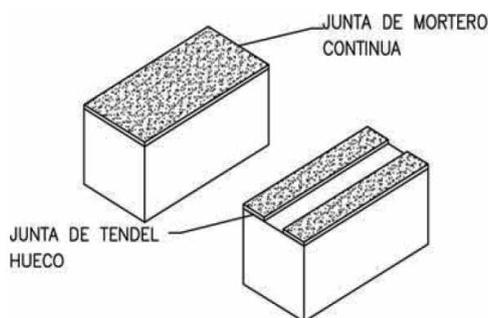


Ilustración 27. Junta de mortero continua y junta de tendel hueco.

Las dimensiones de fabricación y nominales deberán ajustarse preferentemente a las de la siguiente tabla:

| Dimensión nominal mm | | Dimensión de fabricación mm |
|---|-----|-----------------------------|
| Anchura | 60 | 50 |
| | 70 | 60 |
| | 75 | 65 |
| | 90 | 80 |
| | 100 | 90 |
| | 110 | 100 |
| | 120 | 110 |
| | 125 | 115 |
| | 130 | 120 |
| | 150 | 140 |
| | 160 | 150 |
| | 200 | 190 |
| | 210 | 200 |
| | 250 | 240 |
| | 260 | 250 |
| 300 | 290 | |
| 350 | 340 | |
| Altura | 60 | 50 |
| | 100 | 90 |
| | 150 | 140 |
| | 200 | 190 |
| | 210 | 200 |
| | 300 | 290 |
| Longitud | 250 | 240 |
| | 260 | 250 |
| | 300 | 290 |
| | 400 | 390 |
| | 410 | 400 |
| | 500 | 490 |
| | 510 | 500 |
| 600 | 590 | |
| NOTA: Para bloques con relieves, el fabricante definirá las medidas de fabricación, las cuales no serán inferiores a las indicadas en la tabla. | | |

Tabla 5. Dimensiones de fabricación nominales, de acuerdo a la norma UNE 127771-3 (complemento nacional a la UNE-EN 771-3).

Para los bloques cuya colocación se realiza con la llaga machihembrada sin mortero, las longitudes nominales y de fabricación serán iguales.

En España se agrupan las combinaciones de dimensiones en series según la siguiente tabla.

| Serie | Longitud mm | Altura mm |
|-------|-------------|-----------|
| A | 400 | 200 |
| B | 500 | 250 |

| | | |
|---|-----|-----|
| C | 600 | 300 |
| D | 500 | 200 |
| E | 250 | 200 |
| F | 300 | 200 |

Tabla 6. Series dimensionales normalizadas (medidas en mm), de acuerdo a la norma UNE 127771-3 (complemento nacional a la UNE-EN 771-3).

Para cada uno de los casos de las dimensiones recogidas en la tabla anterior, los bloques podrán designarse por la letra de la serie que le corresponda y la anchura nominal elegida, por ejemplo, un bloque de 400 mm × 200 mm × 200 mm se designaría como Serie A200.

Considerando juntas de mortero (llagas y tendeles) de 10 mm de espesor, las dimensiones nominales constituyen una retícula a la que deben ajustarse los planos medios de las juntas de una fábrica construida con los bloques. Las dimensiones nominales son iguales a las teóricas de fabricación más el espesor de una junta.

La fábrica de bloques de hormigón se debe organizar de acuerdo con las dimensiones nominales de las piezas. Las longitudes y alturas nominales de muros, machones, huecos, etc., deben ser múltiplos de la longitud nominal y altura nominal de la pieza.

En fábricas vistas las longitudes y alturas reales de los huecos son iguales a las longitudes y alturas nominales más el espesor de una junta. Las longitudes reales de muros, machones, etc., son iguales a las longitudes nominales menos el espesor de una junta.

En el caso de fábricas revestidas estas diferencias pueden ser ocupadas por el espesor del revestimiento.

En función del tipo de acabado de la fábrica, y según sea el tamaño de los paños, se dispondrán las juntas adecuadas donde se produzcan alteraciones sustanciales del grueso del muro o de la carga que soporte:

- Acabado de los muros:

- . Muros cara vista.
- . Muros revestidos.
- Juntas de encuentro o separación entre muros y/o estructura.

2.2. TIPOLOGÍA DE MUROS

Podemos considerar los siguientes tipos de muros básicos atendiendo a su configuración geométrica.

Muro de una hoja: formado por bloques solapados y trabados en todo su espesor (sin cámara ni sutura continua).

Muro de tendel hueco: en este tipo de muro el mortero en los tendeles se dispone en dos bandas situadas junto a los paramentos quedando la zona central hueca. Con esto se consigue una interrupción en la continuidad del mortero entre el exterior y el interior con la consiguiente mejora en el comportamiento térmico de la fábrica.

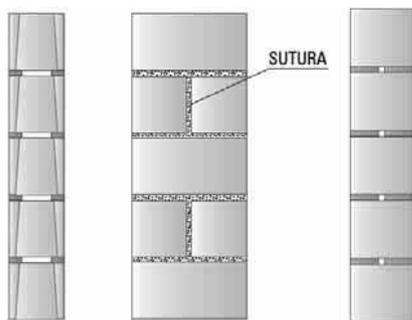


Ilustración 28. Muro de una hoja y muro de tendel hueco.

Muro doblado: formado por dos hojas paralelas formando una sutura continua (no mayor de 25 mm) enlazados entre sí con llaves, conectores o armaduras de tendel, de modo que trabajen solidariamente. Cumplirá las siguientes condiciones:

1.- Las dos hojas de un muro doblado se enlazarán eficazmente.

2.- Las dos hojas de un muro doblado se enlazarán mediante conectores capaces de transmitir las acciones laterales entre las dos hojas, con un área mínima del 0,03 % del área bruta de la sección del muro, con conectores de acero dispuestos uniformemente en número no menor que 2 conectores/m² de muro.

3.- Los conectores serán resistentes a la corrosión para el tipo de exposición correspondiente al muro.

4.- En la elección del conector se tendrán en cuenta posibles movimientos diferenciales entre las hojas.

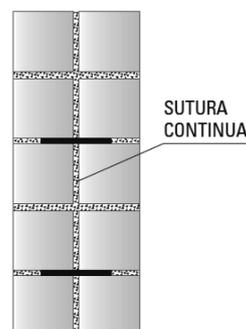


Ilustración 29. Muro doblado.

Muro capuchino: formado por dos muros de una hoja paralelos, eficazmente enlazados por llaves, conectores o armaduras de tendeles con una o ambas hojas soportando cargas verticales. Cumplirá las siguientes condiciones:

1.- Las dos hojas de un muro capuchino se enlazarán eficazmente.

2.- El número de llaves que enlazan las dos hojas de un muro capuchino será el obtenido en el cálculo de acuerdo con las acciones a que esté sometido el muro, teniendo en cuenta la resistencia de las llaves a colocar; nunca menor que 2 llaves/m².

3.- Las llaves serán resistentes a la corrosión para el correspondiente tipo de exposición.

4.- Se colocarán llaves en cada borde libre para enlazar ambas hojas.

5.- Cuando un hueco traspasa un muro y el marco del hueco no puede transmitir la acción horizontal de cálculo directamente a la estructura, se distribuirán uniformemente las correspondientes llaves a lo largo de los bordes verticales del hueco.

6.-Al elegir las llaves se considerará cualquier posible movimiento diferencial entre las hojas del muro, o entre una hoja y un marco.

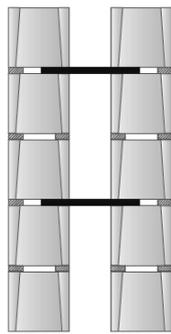


Ilustración 30. Muro capuchino.

Muro careado: formado por dos tipos de piezas de las cuales una constituye la cara vista y otra el trasdós, eficazmente trabadas entre sí de manera que trabajen solidariamente.

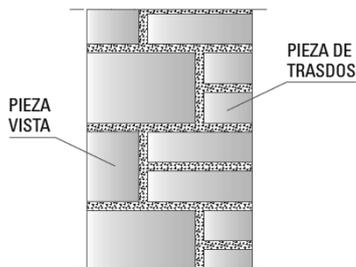


Ilustración 31. Muro careado.

Muro de revestimiento: el muro reviste exteriormente sin traba a otro muro o a un entramado y no contribuye a su resistencia.

Se dispondrán llaves de enlace entre el muro de revestimiento y el trasdosado portante para garantizar la estabilidad del primero así como la transmisión de posibles acciones laterales entre ambos.

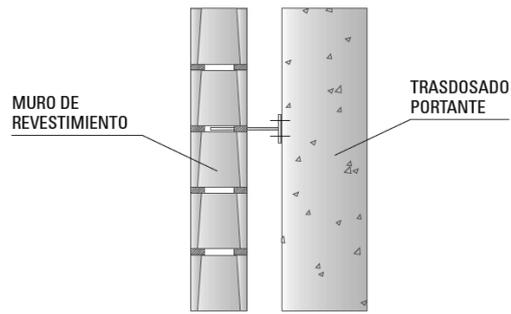


Ilustración 32. Muro de revestimiento.

Las llaves serán resistentes a la corrosión para el correspondiente tipo de exposición. Al elegir las llaves se considerará cualquier posible movimiento diferencial entre ambos elementos.

Muro de relleno: formado por 2 hojas paralelas, separadas al menos 50 mm, enlazadas con llaves, conectores o armaduras del tendel, con la cámara rellena de hormigón, de modo que trabajen solidariamente.

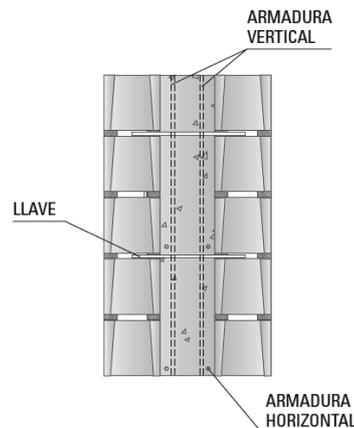


Ilustración 33. Muro de relleno.

Muro de fábrica armada por tendeles: es cualquier muro en el que se dispongan regularmente armaduras de tendel prefabricadas a distancias verticales no mayores de 60 cm para controlar la fisuración (y poder absorber, además, solicitaciones laterales). Para lograr que las armaduras de tendel de un muro controlen su fisuración, éstas han de disponerse con una cuantía mínima de acero del 0,03% de la sección de la fábrica. Un muro de fábrica armada por tendeles puede ser cualquiera de los existentes (como los aquí descritos) siempre

que cumpla con la cuantía mínima de acero, la separación máxima y se empleen armaduras prefabricadas con la adecuada protección frente a la corrosión (ver apartado 2.5. Muros de fábrica armada. Pág. 55).

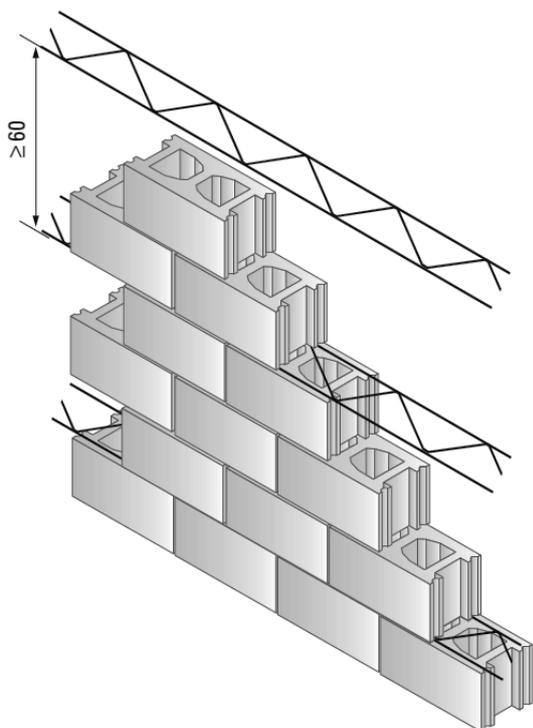


Ilustración 34. Muro de fábrica armada por tendeles.

Muro acostillado: es cualquier muro armado por tendeles que además tiene dispuestas verticalmente costillas prefabricadas a distancias regulares que soportan flexiones en el plano vertical del muro.

- Muro acostillado aparejado es aquel en que las costillas están dispuestas en el interior de las piezas huecas manteniendo el aparejo.
- Muro acostillado trabado es aquel en que las costillas están dispuestas entre las piezas de la fábrica, dejando una llaga continua que deberá trabarse entrecruzando las armaduras de tendel con la costilla.

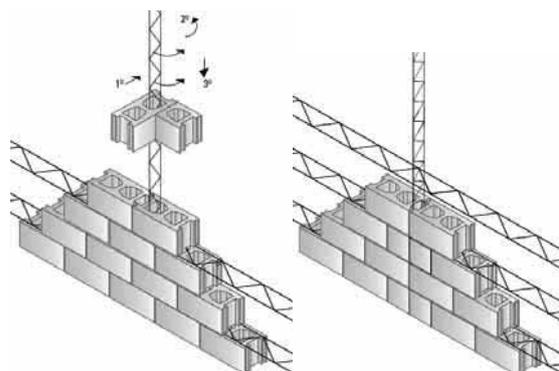


Ilustración 35. Muro acostillado trabado [derecha] y muro acostillado aparejado [izquierda].

2.3. MUROS DE FÁBRICA SIN ARMAR

Al levantar un muro, es preceptivo aparejar las piezas de fábrica entre sí, para que no queden llagas verticales continuas, de tal manera que cada pieza descansa sobre dos de la hilada inferior con el solape suficiente, que suele ser de la longitud de la media pieza.

NOTA: Cuando se emplee la fábrica armada, existen casos en que no es preceptivo aparejar las piezas ya que la trabazón que ofrece el armado por tendeles suple su efecto.

2.3.1. MUROS APAREJADOS DE PIEZAS DE ÁRIDO DENSO

El tendel en los bloques de hormigón hueco, de 1cm de grueso, se suele disponer en dos bandas dejando un espacio central sin mortero en la zona de los huecos. (Ver Ilustración 27. Junta de mortero continua y junta de tendel hueco. Pág. 47)

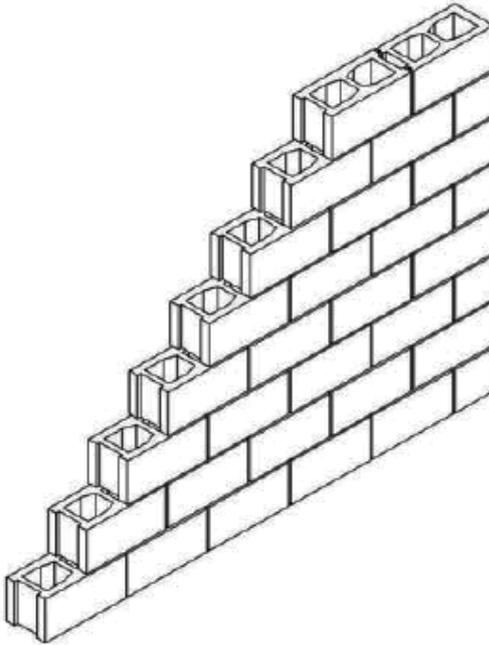


Ilustración 36. Muro aparejado de Bloques de Hormigón Hueco.

Normalmente estas piezas tienen unos rebajes laterales en las testas donde alojar adecuadamente el mortero, y hacer las llagas de 1cm de grueso.

Lo común es aparejar las piezas solapándose la mitad de su largo sobre las de debajo.

El bloque de hormigón de árido denso puede presentarse visto o acabado con enfoscado.

2.3.2. MUROS ENFOCADOS DE PIEZAS DE ÁRIDO LIGERO

Las piezas de árido ligero, suelen ser machihembradas, no requiriendo mortero en la llaga vertical.

Al tratarse de piezas necesariamente enfoscadas, no es imprescindible cuidar la estética del aparejo de la fábrica, cortando las piezas donde sea necesario. Si bien debe asegurarse un solape adecuado para trabar la fábrica.

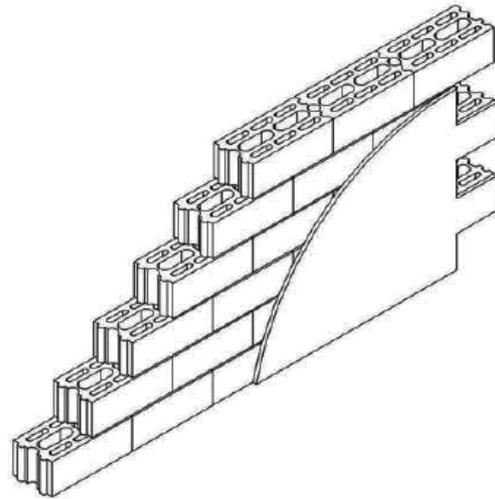


Ilustración 37. Muro enfoscado de árido ligero multicámara.

2.3.3. MUROS DE LADRILLO DE HORMIGÓN DE UNA HOJA

Los ladrillos comunes, se asientan con mortero en los tendeles y las llagas.

Determinados tipo de ladrillos, pueden venir con entrantes y salientes para disponerse machihembrados, dejando la llaga a hueso.

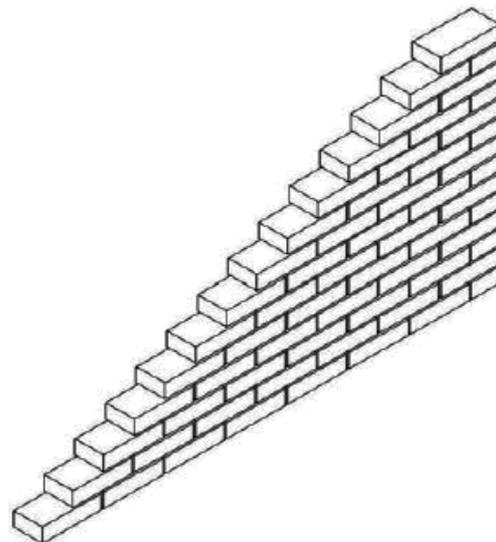


Ilustración 38. Muro cara vista de ladrillo tradicional de hormigón.

El ladrillo de hormigón, al igual que el bloque de árido denso, puede presentarse visto o acabado con enfoscado.

2.3.4. MUROS DE DOS HOJAS DE PIEZAS DISTINTAS CON LLAVES AJUSTABLES EN ALTURA

Cuando la hoja interior está cargada por un forjado y la exterior es pasante por delante de la estructura, esta última puede aprovechar la estabilidad que tiene la hoja interior, para transmitirle la acción del viento, mediante llaves de atado entre hojas.

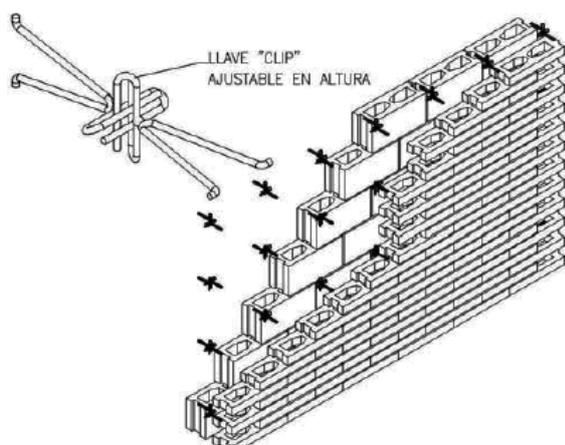


Ilustración 39. Muro de dos hojas de piezas distintas, con llaves ajustables en altura.

Como normalmente el material de la hoja interior no coincide con las características del de la hoja exterior en lo que respecta a tamaño y acabado, no siempre es posible lograr enrasar al mismo nivel ambas hojas para disponer las llaves de atado, por lo que en este caso, suelen emplearse llaves con doble libertad de movimiento que permiten ajustes en vertical y horizontal entre los niveles de la fábrica de ambas hojas.

2.3.5. CONTROL DE EJECUCIÓN DE PUESTA EN OBRA DE MUROS SIN ARMAR

Se controlarán los siguientes aspectos:

- Impermeabilidad del tipo de pieza en cara vista.
- Solape, aparejo, traba.

- Colocación del mortero en las piezas comunes. Llaga, tendel.
- Colocación del mortero con rotura de puente térmico en piezas BAL.
- Tratamiento de las juntas enrasada, rehundida, matada,...
- Resistencia del mortero, impermeabilidad y durabilidad.
- Revocos de mortero impermeable para piezas no vistas.
- Máxima separación de juntas de movimiento verticales.
- Disposición de las llaves de atado en muros de fábrica de 2 hojas.

2.4. MUROS DE BLOQUES HUECOS RELLENOS DE HORMIGÓN ARMADO

La gran ventaja del bloque de hormigón hueco reside en la posibilidad de armar verticalmente a través de sus grandes huecos, realizándose auténticas pilastras de hormigón armado envueltas de la pieza del bloque que actúa como encofrado.

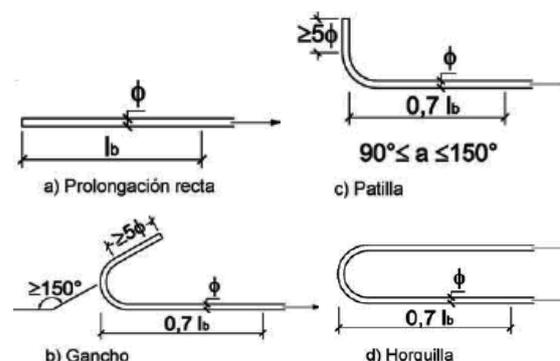


Ilustración 40. Anclaje de las armaduras incluidas en la fábrica.

Si además se emplean bloques tipo zuncho, es posible armar con la técnica del hormigón

armado con barras con su correspondiente técnica de anclaje por prolongación recta, gancho, patilla y horquilla, tal y como indica el Eurocódigo 6 y el CTE SE-F.

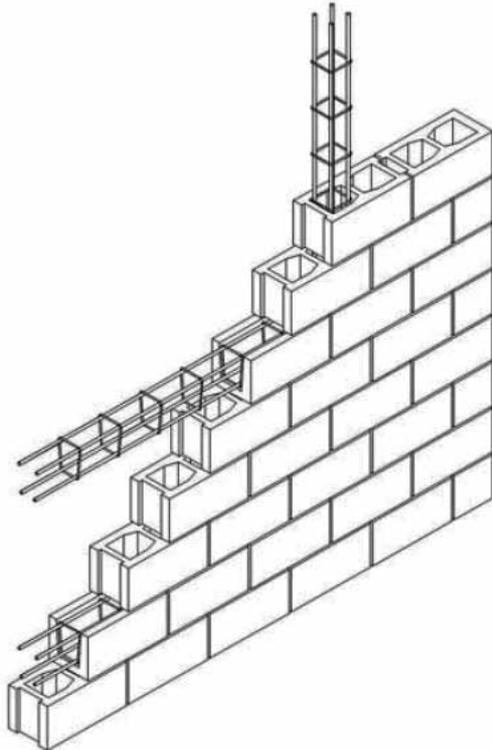


Ilustración 41. Muro de bloque con zunchos y pilastras interiores de hormigón armado.

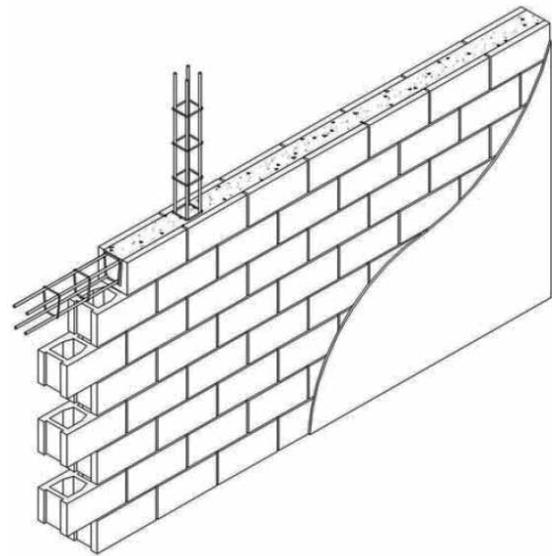


Ilustración 42. Muro de bloque con el hormigón dispuesto en los zunchos y pilastras armadas con barras.

2.4.1. MUROS DE BLOQUE CON ZUNCHOS Y PILASTRAS INTERIORES DE HORMIGÓN ARMADO

A la ventaja de hacer pilastras interiores de los bloques, se añade la posibilidad de emplear bloques en "U", empleadas para ejecutar cargaderos, con los que hacer zunchos o vigas de hormigón armado, obteniendo una retícula estructural interior al muro de fábrica.

2.4.2. MUROS DE BLOQUE CON PILASTRAS SOBRESALIENTES DE HORMIGÓN ARMADO

Cuando el cálculo estructural lo requiera, pueden hacerse pilastras de mayor anchura que el propio muro, adosadas y trabadas con él, pudiendo emplear para ello las piezas en "C" correspondientes.

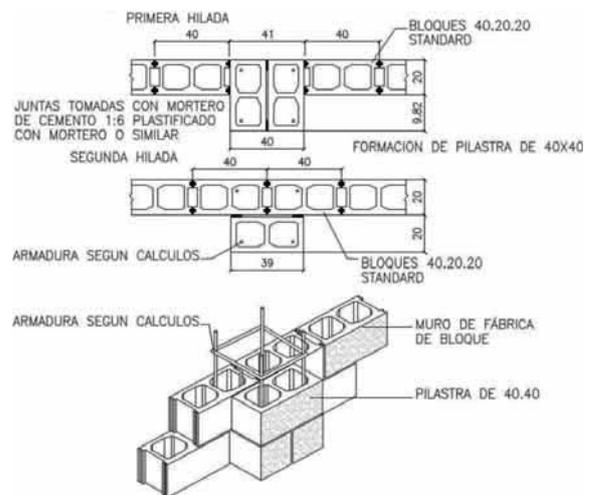


Ilustración 43. Pilastra sobresaliente de hormigón armado hecha con bloques normales.

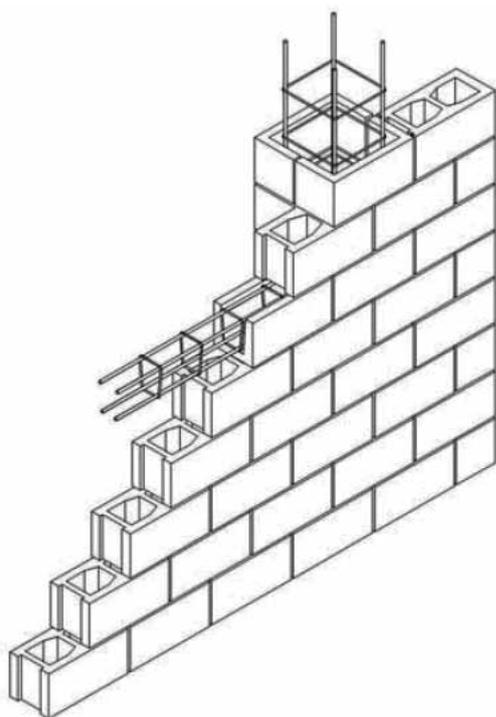


Ilustración 44. Muro con piezas especiales para pilastra sobresaliente de hormigón armado.

2.4.3. CONTROL DE EJECUCIÓN DE PUESTA EN OBRA DE MUROS DE BLOQUES HUECOS RELLENOS DE HORMIGÓN ARMADO

Además de los puntos a controlar en los muros sin armar (ver apartado 2.3.5. Control de ejecución de puesta en obra de muros sin armar. Pág. 53), se controlarán los siguientes aspectos:

- Organización de la ferralla con barras y cercos para zunchos y pilares.
- Longitud de solape entre armaduras longitudinales en enhebrado de pilares.
- Ejecución del bloque de hormigón con mortero sin rellenar huecos.
- Relleno de hormigón fluido en zunchos y huecos verticales de pilastras.

- Máxima separación de juntas de movimiento estructurales.
- Grueso mínimo de recubrimiento de hormigón para protección de armaduras.
- Control del relleno de macizados de huecos y vibrado del hormigón.
- Características y resistencia del hormigón de relleno.

2.5. MUROS DE FÁBRICA ARMADA

Se entiende por un muro de fábrica armada, aquel que tiene dispuestas armaduras de tendel prefabricadas a niveles regulares y a distancias no mayores de 60 cm de altura, con una proporción mínima de acero del 0,03% de la sección de la fábrica.

Los muros de fábrica armada que cumplen la descripción anterior, son capaces de controlar la fisuración de la albañilería, además de permitir soportar flexiones verticales y horizontales en su plano, de mayor o menor magnitud, en función de la cuantía del armado empleado.

Para evitar el agrietamiento por efecto del descenso o flecha excesiva de la base de apoyo, se recomienda que los muros de fábrica armada, arranquen siempre con armaduras de tendel en las dos primeras hiladas.

Existe la posibilidad de utilizar barras corrugadas debidamente colocadas en tendel. No obstante, las armaduras prefabricadas ofrecen la garantía de mantener la separación entre los redondos junto con una protección ante la corrosión y por lo tanto reducir los recubrimientos necesarios para garantizando su durabilidad, aprovechar las posibilidades de inercia máxima del muro.

2.5.1. MUROS DE UNA HOJA CON ARMADO HOMOGÉNEO

Muro de fábrica armada, con armaduras de tendel en las dos primeras hiladas y regularmente cada 60 cm de altura.

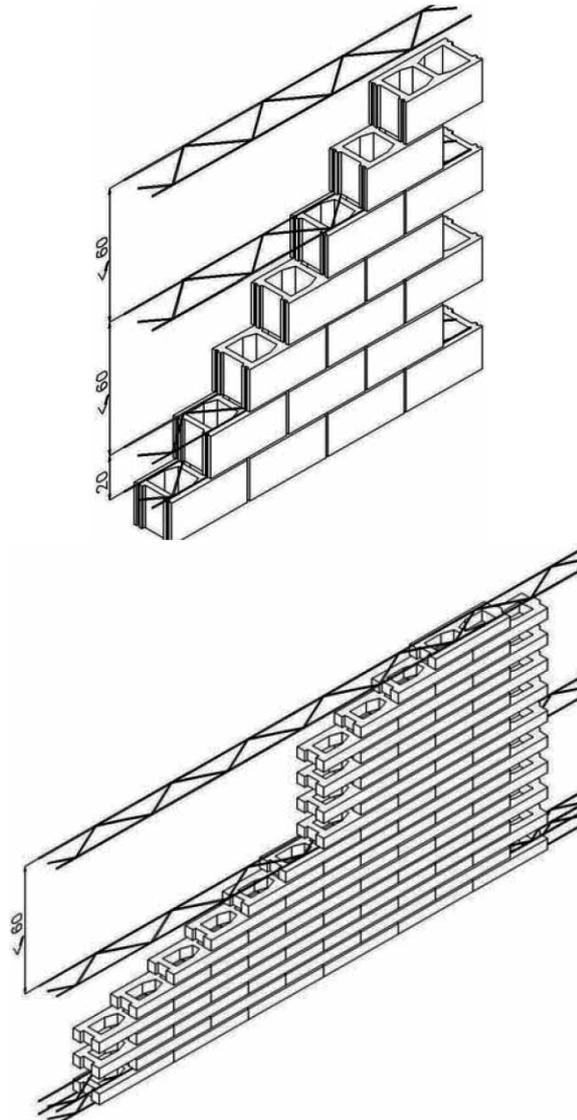


Ilustración 45. Muros de fábrica armada con armadura de tendel prefabricada de una hoja con bloque de hormigón hueco y con ladrillo de hormigón alargado.

2.5.2. MUROS CAPUCHINOS DE FÁBRICA ARMADA CON EL MISMO TIPO DE PIEZA

Empleando piezas de la misma altura, es posible hacer muros capuchinos de fábrica armada, con cámara de aire gracias a la capacidad de transmitir esfuerzos cortantes que ejercen las llaves o las diagonales de las armaduras prefabricadas de tendel, aventajando estas últimas en ese aspecto, sustancialmente, a los muros de dos hojas con llaves.

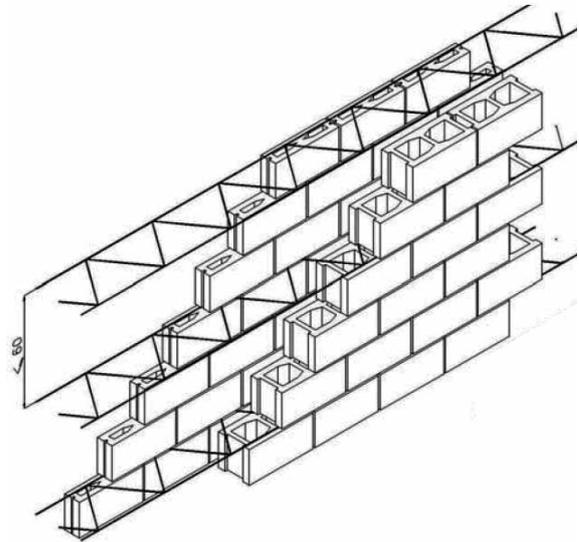


Ilustración 46. Muro capuchino de fábrica armada con armadura prefabricada de tendel de dos hojas de distinto grueso con bloque de hormigón hueco.

2.5.3. MUROS CAPUCHINOS DE FÁBRICA ARMADA CON DISTINTO TIPO DE PIEZA

Cuando se emplean materiales de distinto formato en ambas hojas, hay que atender a la modulación de ambos materiales, para lograr un mismo nivel donde disponer las llaves o armaduras prefabricadas de tendel a caballo de ambas hojas.

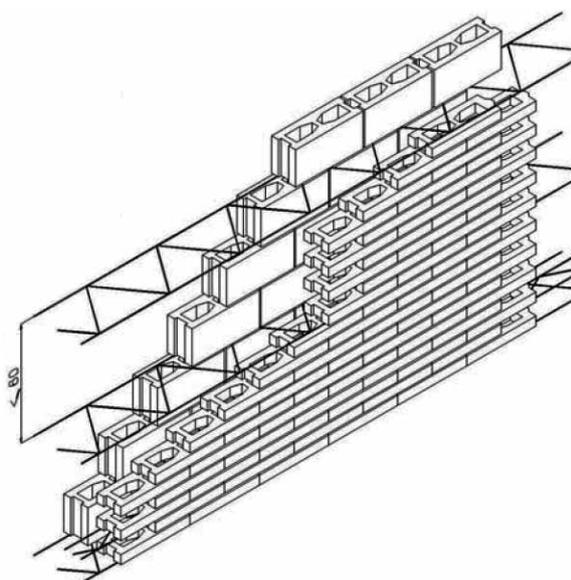


Ilustración 47. Muro capuchino de fábrica armada con armadura prefabricada de tendel y con hoja exterior de ladrillo alargado y hoja interior de bloque de hormigón hueco.

2.5.4. REFUERZO DE MUROS CON BARRAS CORRUGADAS EN LOS TENDELES

En ocasiones y de forma localizada, se suelen disponer barras corrugadas de 6 mm a modo de refuerzos en los tendeles de la fábrica, aunque hay que atender a evitar el aumento de grueso de las juntas horizontales armadas respecto a las sin armar.

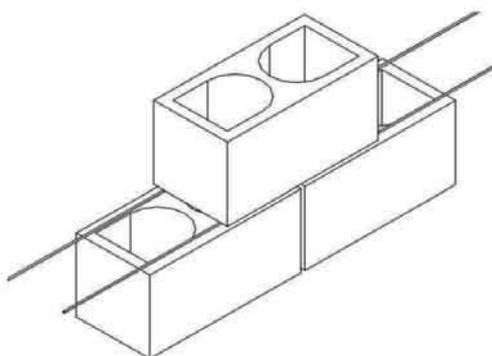


Ilustración 48. Barras corrugadas en tendeles en lugar de armaduras prefabricadas para tendel.

2.5.5. CONTROL DE EJECUCIÓN DE PUESTA EN OBRA DE MUROS DE FÁBRICA ARMADA

Además de los puntos a controlar en los muros sin armar (ver apartado 2.3.5. Control de ejecución de puesta en obra de muros sin armar. Pág. 53), se controlarán los siguientes aspectos:

- Regularidad de tendeles armados para el control de fisuración.
- Disposición de armaduras de tendel según tablas de cálculo.
- Organización de la disposición de los solapes alternados.
- Doblado de las armaduras de tendel en esquinas y encuentros.
- Control de longitudes de solapes mínimos y entregas.
- Máxima separación de juntas de movimiento función del armado.
- Colocación de los anclajes de la fábrica a la estructura porticada.

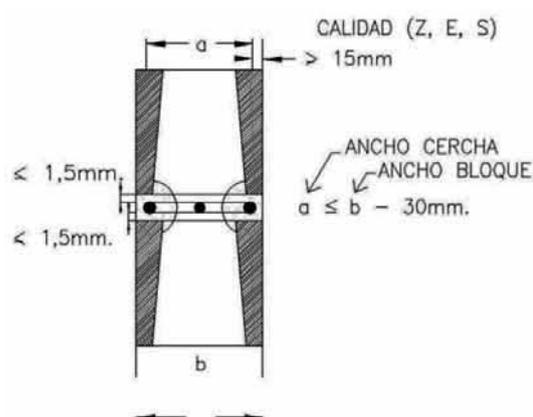


Ilustración 49. Disposición de la armadura prefabricada de tendel con los recubrimientos mínimos de mortero.

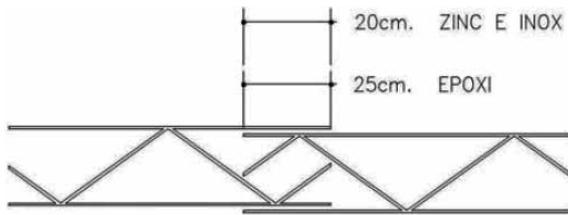


Ilustración 50. Longitudes de solape mínimas de las armaduras de tendel prefabricadas.

No hay que descuidar el correcto anclaje de los cerramientos a los pilares con las libertades de movimiento apropiadas en el plano del muro, "X" y/o "Z", entre muro y pilar.

2.6. ENCUENTROS DE MUROS ENTRE SÍ

Empleando las piezas disponibles, es posible aparejar los muros en sus encuentros, adentrando alternativamente las piezas de un muro dentro del otro, lo que queda manifestado en el aparejo de la fábrica vista.

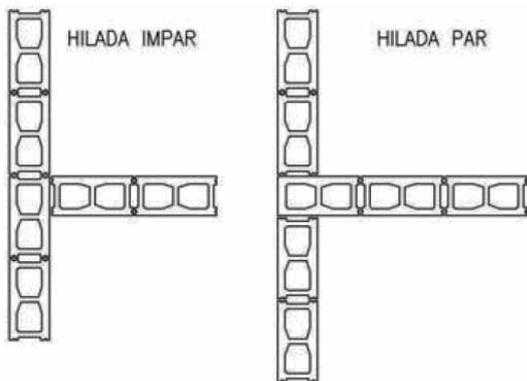


Ilustración 51. Encuentro de muros sin armar.

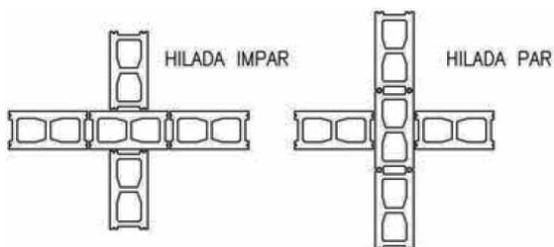


Ilustración 52. Cruce de muros sin armar.

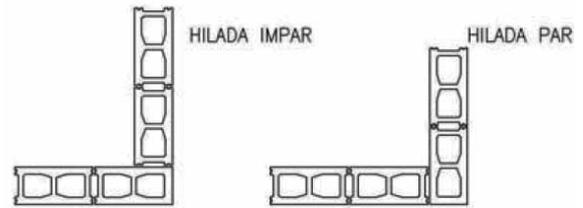


Ilustración 53. Esquina de muros sin armar.

Si no se desea que en los encuentros se muestre la traba de unos muros sobre otros, rompiendo el aparejo de la fábrica, puede recurrirse a emplear armaduras de tendel en continuidad o dobladas 90°, en los encuentros de muros en esquina, en "T" o en cruz.

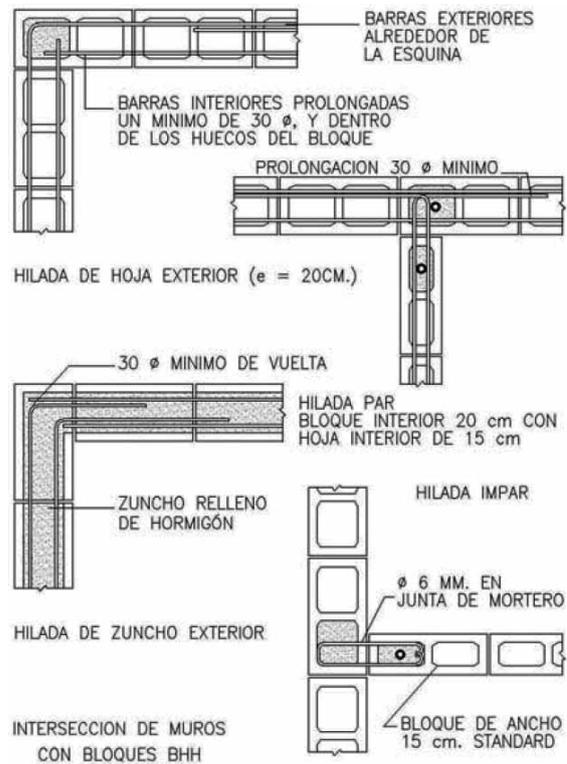


Ilustración 54. Esquina y encuentro de muros armados con barras.

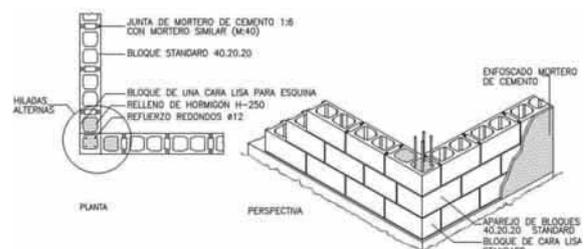


Ilustración 55. Esquina de fábrica con pilastra (planta y perspectiva).

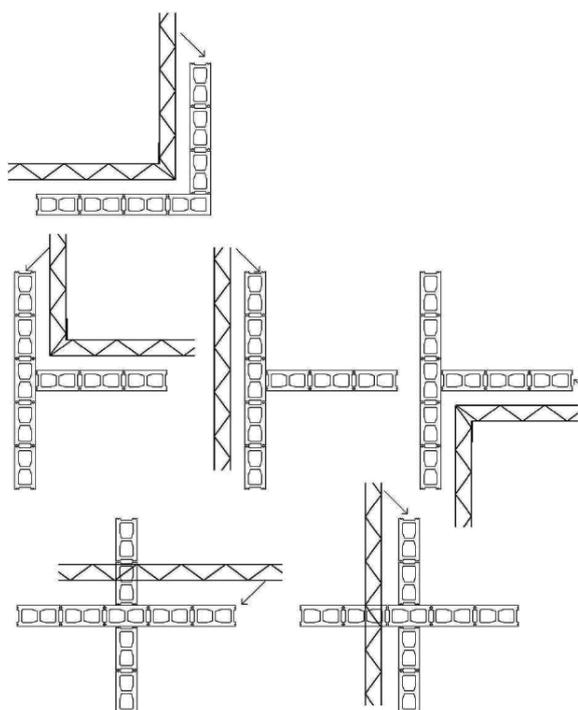


Ilustración 56. Esquina, encuentro y cruce de muros de fábrica armada con cerchas de tendel prefabricadas.

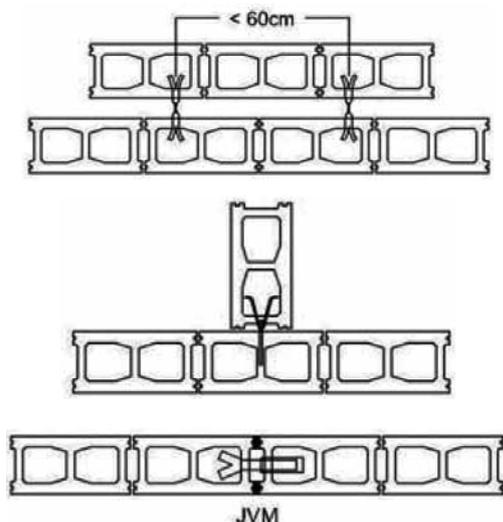


Ilustración 57. Otros tipos de encuentros de muros.

A [arriba]: Conexión de las 2 hojas de un muro con llaves de atado sin libertades de movimiento.

B [medio]: Encuentro de muro de carga con muro de arriostramiento, con anclaje que sólo permite el libre movimiento vertical.

C [abajo]: Junta vertical de movimiento entre dos paños de un muro de cerramiento, con anclaje que sólo permite transmitir esfuerzos perpendiculares al muro.

Se recurre a disponer armaduras de tendel en espera, para levantar y trabar una fase de

obra posterior, con otro muro levantado en una fase anterior.

Se aconseja disponer encuentros reforzados con cerchas de tendel para repartir los esfuerzos concentrados que se dan en el encuentro entre muros de carga y muros de arriostramiento sin carga.

A la hora de conectar las dos hojas de un muro, pueden emplearse llaves rígidas, o con una o dos libertades de movimiento, para lo cual habrá que disponer entre 3 y 5 llaves/ m^2 , dependiendo de tratarse de la zona intermedia o extrema del paño, y disponiéndolas a distancias no mayores de 60 cm entre sí.

Puede recurrirse a emplear anclajes con sólo libertad de movimiento vertical para atar muros que se arriostran entre sí, sin que las cargas de uno le afecte al otro.

En muros largos, pueden disponerse juntas verticales de movimiento capaces de absorber la acción horizontal del viento, empleando anclajes deslizantes dispuestos en los tendeles del tipo de pletinas o alambres enfundados en un lateral.

2.7. MUROS CON EL SISTEMA DE ALBAÑILERÍA INTEGRAL

Partiendo de muros de fábrica armada con armadura prefabricada de tendel, a los que se les implementa refuerzo con costillas verticales, con sus correspondientes fijaciones y con los anclajes apropiados cuando sea necesario, es posible crear todo un sistema constructivo con piezas de albañilería, armaduras, anclajes y fijaciones, capaces de trabajar conjuntamente tanto si se trata de muros de una hoja como de dos.

2.7.1. MURO AUTOPORTANTE O DE CARGA DE UNA HOJA DE FÁBRICA ARMADA CON COSTILLAS VERTICALES Y FIJACIONES

Atendiendo a la adecuada modulación entre las armaduras prefabricadas de tendel de la fábrica armada y las costillas verticales de refuerzo, es posible levantar una hoja de fábrica, solapando las armaduras horizontales y verticales con gran facilidad en la vertical de las costillas, tanto si estas últimas se disponen en el interior de las piezas o en llagas continuas trabadas con las cerchas horizontales.

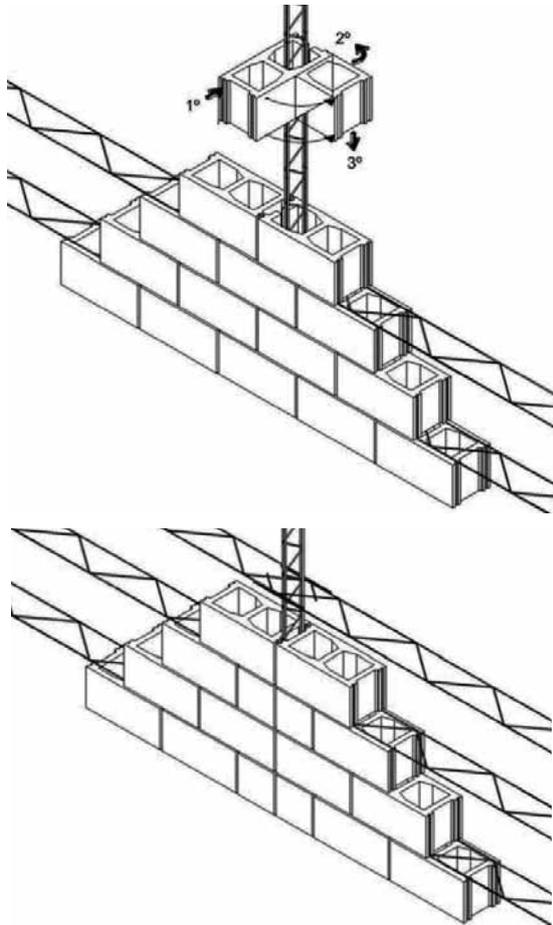


Ilustración 58. Posibles ubicaciones de las costillas en un muro de fábrica:

A [arriba]: Costilla dentro de las piezas huecas por acceso lateral.

B [abajo]: Costilla entre las piezas (en llaga continua y trabada con cerchas de tendel).

El solape de las cerchas puede hacerse en el mismo tendel o en tendeles alternos.

2.7.2. MUROS CAPUCHINOS DE FÁBRICA ARMADA CON COSTILLAS VERTICALES Y FIJACIONES CON HOJAS DE PIEZAS DE HORMIGÓN DE DIVERSAS CARACTERÍSTICAS

Si las costillas verticales se disponen entre ambas hojas, es posible crear cámaras de aire continuas en muros capuchinos de fábrica armada, donde disponer el aislamiento por planchas o proyectado, dejando una cámara de aire ventilada, si se desea.

Como normalmente la hoja exterior suele estar aparejada por razones compositivas, suele emplearse en ella una pieza con amplios huecos verticales. Por el contrario, si la hoja interior no va a ser vista, pueden disponerse las piezas, dejando una llaga vertical continua que quedará cosida con el solape de las cerchas de tendel.

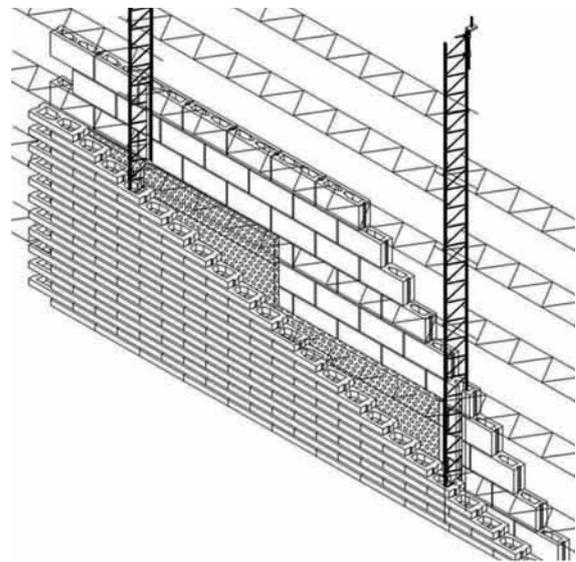


Ilustración 59. Muro capuchino con el Sistema de Albañilería Integral, con hoja exterior de ladrillo alargado, cámara de aire con aislamiento entre cerchas y hoja interior con bloque de hormigón hueco, y fijaciones superiores en las costillas.

2.8. MUROS DE SILLARES DE HORMIGÓN PARA CONTENCIÓN DE TIERRAS

Estos muros aprovechan el peso del bloque de hormigón, junto con la capacidad a tracción de mallas sintéticas especialmente diseñadas, atirantadas por el peso del terreno que soportan. Se disponen los sillares en seco aparejados unos sobre otros, a veces con cierta inclinación o ataluzado.

En ocasiones, se emplean sillares endentados con posibilidad de trasdosarlos con material de relleno diferente a las tierras, tal como gravas u hormigón.

Al igual que en cualquier muro de contención, hay que evitar la acumulación de agua en el trasdós y asegurar el drenaje, lo que se consigue gracias a las juntas a hueso y a la colocación de drenajes.

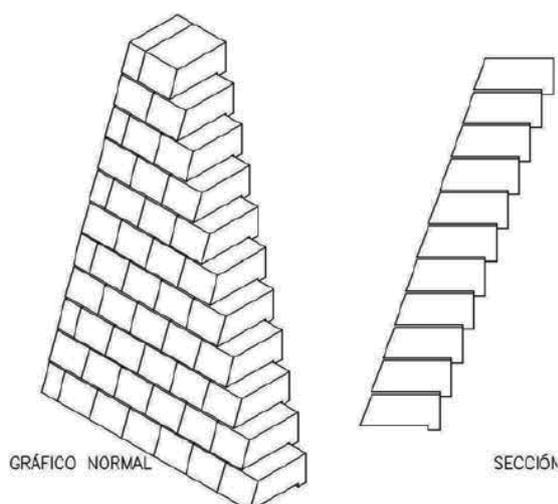


Ilustración 60. Muro de sillares de hormigón para contención de tierras.

Los muros de escasa entidad suelen resolverse mediante el uso de las piezas prefabricadas, al igual que los muros de contención por gravedad.

En caso de muros de contención de cierto porte, o con cargas en su parte superior, suele ser necesaria la incorporación de refuerzo

tales como geomallas, redes, etc. Todo ello de acuerdo a los métodos de cálculo específicos de cada sistema.

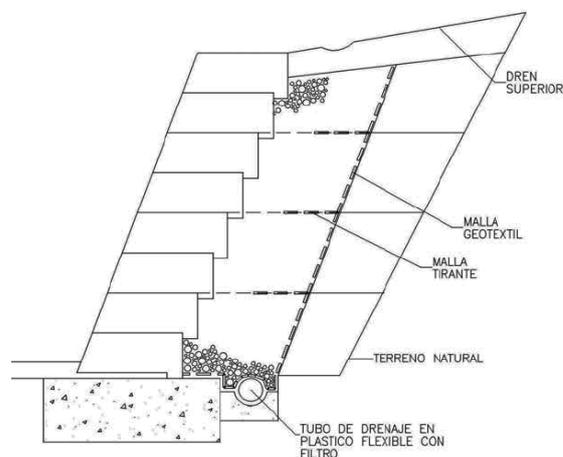


Ilustración 61. Esquema de muro de contención con sillares de hormigón atirantados.

3. TIPOS ESTRUCTURALES

A la hora de proyectar una obra de fábrica y mucho antes de desarrollar disposiciones constructivas, hay que diferenciar a qué tipo estructural se corresponderá.

Para ello y de forma esquemática, se plantea una edificación genérica con tres tipos distintos de estructuras de fábrica, para comparar sus diferencias:

- Edificación con estructura porticada y fábrica de cerramiento/partición (M.CE-P)
- Edificación con estructura de muros de carga y arriostramiento (M.CA-A)
- Edificación con fábrica confinada en estructura porticada (M.CONF)

A estas tipologías se le puede añadir un apartado sobre tipología de muros de sillares de hormigón para contener tierras.

Con el fin de poder contrastar y entender la diversidad de variantes constructivas que estos 3 tipos distintos de estructuras de fábrica implican a la hora de desarrollar los detalles constructivos correspondientes, se ha preparado el siguiente:

Cuadro síntesis de encuentros de muros según tipos estructurales:

- Muros de Cerramiento-Partición (M.CE-P)
- Muros de Carga-Arriostramiento (M.CA-A)
- Muros Confinados (M.CONF)

Que contempla, en las 3 tipologías, los encuentros siguientes:

- Encuentro del muro con los Pilares (en planta) (P)
- Arranque del muro sobre la base o cimentación (en sección) (A)
- Encuentro del muro con el Forjado (en sección) (F)
- Encuentro del muro con la Cubierta (en sección) (C)

| | DEL MURO CON LOS PILARES (planta) | ARRANQUE DEL MURO (sección) | DEL MURO CON EL FORJADO (sec.) | DEL MURO CON LA CUBIERTA (sec.) |
|-------------------------------|--|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
| MUROS CERRAMIENTO Ó PARTIÇÃO | <p>1. DE UNA (1) HOJA</p> <p>2. DE DOS (2) HOJAS</p> | <p>ARRANQUE DEL MURO</p> | <p>APYO DEL MURO SOBRE EL FORJADO</p> | <p>APYO DEL MURO SOBRE EL FORJADO</p> |
| MUROS CARGA Ó ARRIOSTRAMIENTO | <p>1a. DE UNA (1) HOJA</p> <p>MURO HOMOGÉNEO Y CON COSTILLAS DENTRO Ó ENTRE LAS PIEZAS</p> <p>1b. DE UNA (1) HOJA</p> <p>MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO CON PILASTRAS DE HORMIGÓN ARMADO INTERIORES Ó SOBRESALIENTES</p> <p>1c. DE DOS (2) HOJAS</p> <p>MURO DE HOJAS INDEPENDIENTES O SOLIDARIZADAS ENTRE SI (CON CÁMERA DE AIRE INTERMEDIA)</p> <p>2a. DE DOS (2) HOJAS</p> <p>MURO DE HOJAS SOLIDARIZADAS ENTRE SI (SIN CÁMERA DE AIRE)</p> | <p>APYO DEL MURO SOBRE CIMENTACIÓN</p> | <p>APYO DEL FORJADO SOBRE EL MURO</p> | <p>APYO DEL FORJADO SOBRE EL MURO</p> |
| MUROS CONTINADOS | <p>1.</p> <p>MURO TOTALMENTE ENTESTADO</p> | <p>APYO CIMENTACIÓN</p> | <p>ENCUENTRO PÓRICO</p> | <p>ENCUENTRO PÓRICO</p> |

Ilustración 62. Cuadro síntesis de encuentros de muros según tipos estructurales.

No hay que olvidar que en el caso de una edificación con estructura porticada y fábrica de cerramiento, es fundamental tener en consideración la disposición de los pilares en relación al frente

de los forjados, ya que esto influye decisivamente en el encuentro del cerramiento con los soportes, cuando este está apoyado sobre el forjado, dándose los casos típicos expuestos en el cuadro anterior. Este aspecto no sólo es importante por consideraciones estructurales, si no que resulta relevante a la hora de proyectar la envolvente térmica del edificio.

Las envolventes térmicas continuas, con la estructura por el interior del aislamiento, ofrecen mayor inercia térmica. Las fábricas de bloque y ladrillo de hormigón son una buena solución para sistemas de fachada ventilada, sea cual sea el acabado de la misma.

Pueden darse los siguientes casos entre frentes de forjados y pilares estructurales:

- 0 cm de retranqueo: Pilares enrasados con el frente del forjado. Obliga a disponer plaquetas o elementos auxiliares en el frente del forjado y de los pilares.
- 5 cm de retranqueo: Pilares ligeramente retranqueados respecto frente forjado. Permite cubrir algo mejor el frente de los pilares que el del forjado.
- 10 cm de retranqueo: Pilares retranqueados respecto del frente del forjado. Permite hacer pasante la fábrica de 15 cm por delante de los pilares.
- 15 cm de retranqueo: Pilares muy retranqueados respecto del frente forjado. Permite hacer pasante la fábrica de 20 cm por delante de los pilares.

Sin pilares en el frente del forjado. Forjado voladizo. Los soportes no interrumpen el paso del cerramiento.

3.1. ESTRUCTURA DE FÁBRICA DE CERRAMIENTOS Y/O PARTICIONES

Planteamiento estructural de fábricas envolviendo estructuras porticadas, como cerramientos o particiones, con compatibilidad de deformaciones o libertades de movimiento. Fábrica sin función estructural.

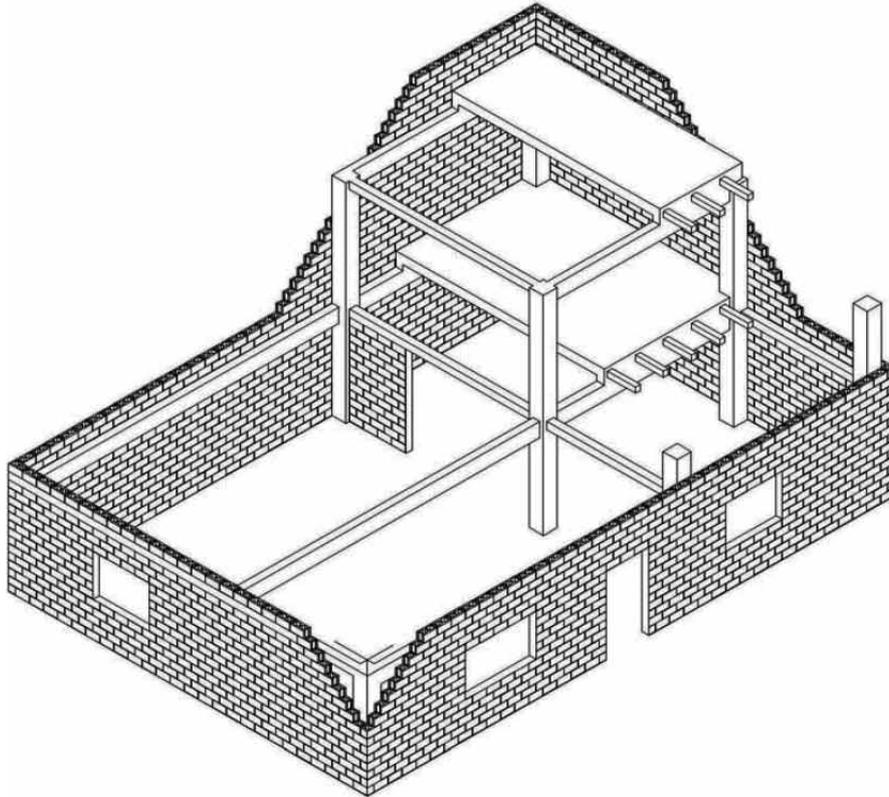
Tradicionalmente, se han tratado como fábricas en el perímetro de una estructura porticada, que trabajan por efecto arco (en sentido vertical u horizontal) frente a la acción horizontal del viento, o incluso como placas bidireccionales confinadas en sus bordes por las vigas y los pilares (ver apartado 3.3. Estructura de fábrica confinada. Pág. 71), si bien ello impide la libertad de deformación entre el cerramiento y el pórtico.

Actualmente, se aconseja construir el cerramiento dejando juntas de movimiento horizontales bajo los forjados y verticales junto a los soportes, para hacer posible la libre deformación de la fábrica y de la estructura, para lo que es necesario además de disponer juntas elásticas, emplear anclajes sujetos a la estructura porticada, que tengan la doble libertad de movimiento de las dos direcciones del plano de la fábrica, mientras que restrinjan el vuelco de la misma por acción del viento.

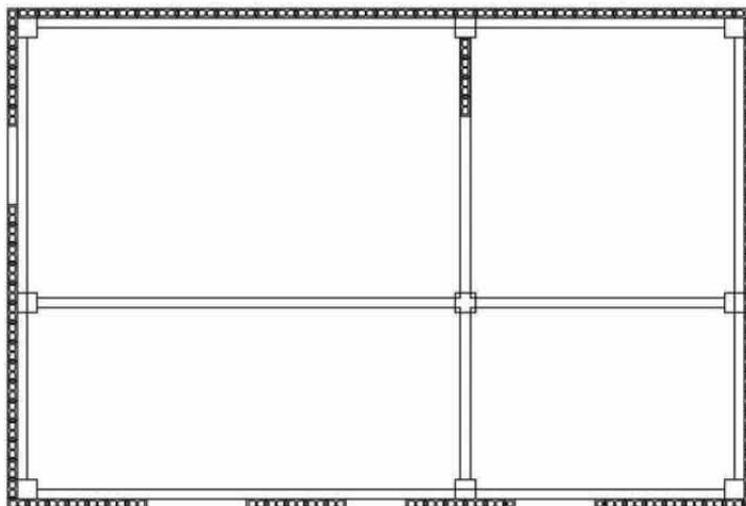
La envolvente térmica del edificio puede resolverse tanto por el exterior de la fábrica como por el interior (entre la fábrica y la estructura).

Las figuras siguientes muestran los detalles principales de encuentro de muros:

- Esquina entre muro de carga y arriostramiento.
- Encuentro entre muro de carga y arriostramiento.



a)



b)

Ilustración 63. Edificio con estructura porticada y fábricas de cerramiento/partición:

- a. Volumetría: Pilar / Viga / Forjado / Viguetas/ Muro de cerramiento / Partición.
- b. Planta: Esquina / Encuentro en "T" / Cruce de muros / Huevo de puerta / Huevo de ventana.

3.2. ESTRUCTURA DE FÁBRICA DE MUROS DE CARGA Y ARRIOSTRAMIENTO

Planteamiento estructural de fábricas resistentes de una construcción monolítica entre forjados, muros de carga bajo los forjados, y muros de arriostramiento que estabilizan la acción horizontal del viento. Fábrica con función estructural.

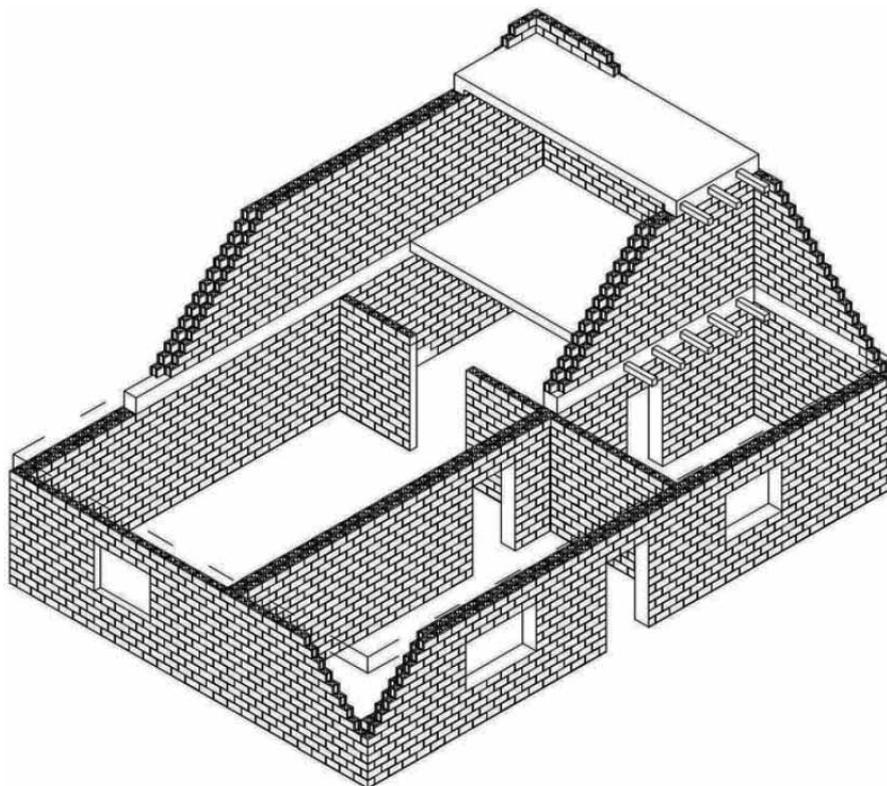
Para lograr dicho efecto, es necesario que los forjados apoyen perfectamente sobre los muros de carga. Y que estos últimos, queden sujetos por los muros de arriostramiento.

Los encuentros entre los planos de los forjados y los planos de los muros son en continuidad, transmitiendo los esfuerzos a través de los nudos de conexión.

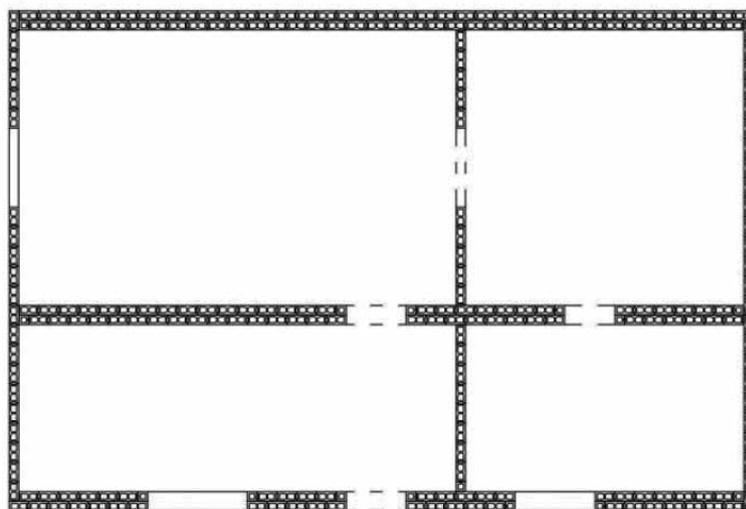
La envolvente térmica del edificio suele resolverse por el exterior de la fábrica, salvo en edificaciones de una única altura, en las que no se plantean puentes térmicos en los cantos de los forjados.

Las figuras siguientes muestran los detalles principales de encuentro de muros:

- Esquina entre muro de carga y arriostramiento.
- Encuentro entre muro de carga y arriostramiento.
- Encuentro arriostramiento muro de carga.
- Cruce entre muros de carga y arriostramiento.



a)



b)

Ilustración 64. Edificio con estructura de muros de carga y arriostramiento:

- a. Volumetría: Muro de carga / Muro de arriostramiento / Forjado / Viguetas / Zuncho.
- b. Planta: Esquina / Encuentro en "T" / Cruce de muros / Huevo de puerta / Huevo de ventana.

3.2.1. TIPOLOGÍA DE FORJADOS SOBRE MUROS DE CARGA

En el tipo estructural de edificios con muros de carga y arriostramiento, la interrelación del forjado con los muros es fundamental, ya que aquéllos transmiten sus cargas a estos últimos, los cuales las hacen llegar a la cimentación hasta el terreno.

Se desarrollan aquí las 3 tipologías de forjados más habituales, respecto a su apoyo sobre los distintos muros de fábrica de bloque de hormigón:

- De viguetas semirresistentes.
- De viguetas pretensadas.
- De placas alveolares.

En los 3 casos, se trata de forjados unidireccionales, por lo que cargarán sobre determinados muros de carga, quedando los otros muros perpendiculares a las viguetas, actuando únicamente como muros de arriostramiento.

Otros tipos de soluciones como losas macizas, prelosas, etc. son igualmente compatibles con los muros de carga, resolviéndose de modo similar a los anteriores.

Además de la sección tipo de cada forjado, en todos los casos se ofrecen los detalles del apoyo del forjado tipo sobre el muro de carga, así como el detalle de cuando el forjado se encuentra paralelo al muro de arriostramiento.

3.2.1.1. Forjado de viguetas semirresistentes

Se trata de semiviguetas prefabricadas con redondos inferiores embebidos en una “suela” de hormigón que sirve de apoyo a las bovedillas, dejando el hueco para el hormigonado entre ellas. La armadura superior principal suele estar soldada con las inferiores, a la separación del grueso del forjado, mediante una celosía triangulada.

Requieren apearse durante el proceso de construcción, en mitad del vano o cada 1,3 m, dadas sus características resistentes incompletas hasta el hormigonado y endurecimiento del forjado.

Se afianzan entre sí con cadenas de atado de hormigón armado dispuestas coronando los muros, que ayudan a repartir las cargas homogéneamente sobre los mismos.

Se complementan con los negativos adecuados en los apoyos, disponiéndose en continuidad cuando se trata de un apoyo en un muro central, incorporando un zuncho de reparto, y doblándose envolviendo el zuncho de borde sobre los muros perimetrales.

El forjado se refuerza con una malla reticular electro-soldada embebida en la capa de compresión por encima de las viguetas semirresistentes y bovedillas.

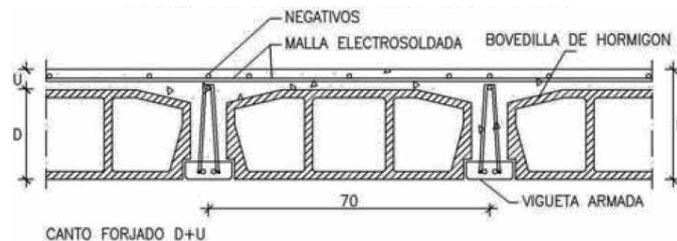


Ilustración 65. Forjado de viguetas semirresistentes. Sección transversal con vigueta semirresistentes y bovedillas.

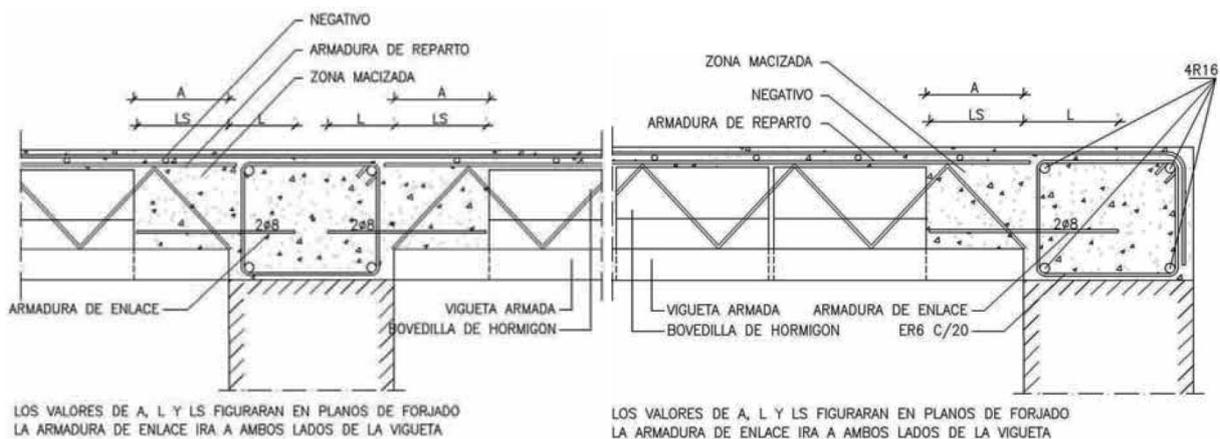


Ilustración 66. Forjado de viguetas semirresistentes.

A [izquierda]: Sección por el apoyo de las viguetas sobre muro intermedio.

B [derecha]: Sección por el apoyo de las viguetas sobre muro extremo.

3.2.1.2. Forjado de semiviguetas o viguetas pretensadas

Se trata de viguetas resistentes que pueden tener parte del canto del forjado (o todo el canto), que se han prefabricado pretensando las armaduras inferiores de tracción (tanto las superiores como las inferiores) por lo que mantienen una cierta contracurva o contraflecha.

Las semiviguetas requieren apearse durante el proceso de construcción, en mitad del vano o cada 2,50 m o menos, dado que no tienen su capacidad resistente completa, lo que no hace falta cuando se trata de viguetas prefabricadas con todo su canto.

Se afianzan entre sí con cadenas de atado de hormigón armado dispuestas coronando los muros, que ayudan a repartir las cargas homogéneamente sobre los mismos.

Se complementan con los negativos adecuados en los apoyos, disponiéndose en continuidad cuando se trata del apoyo en un muro central, incorporando una cadena de reparto, y doblándose envolviendo la cadena de borde sobre los muros perimetrales.

El forjado se refuerza con una malla reticular electro-soldada embebida en la capa de compresión por encima de las viguetas pretensadas y bovedillas.

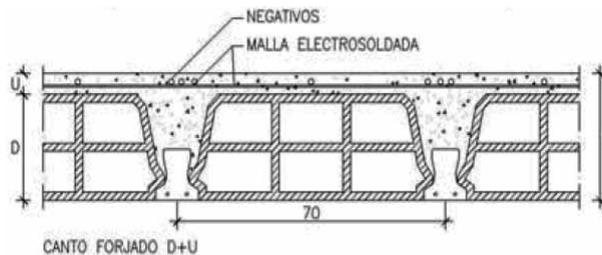


Ilustración 67. Forjado de semiviguetas pretensadas. Sección transversal con semiviguetas pretensadas y bovedillas.

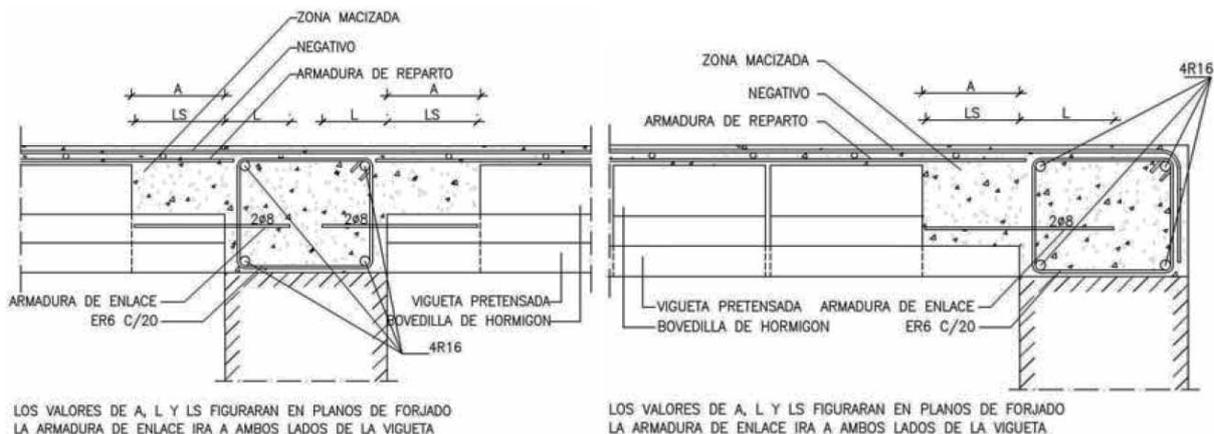


Ilustración 68. Forjado de semiviguetas pretensadas.

A [izquierda]: Sección por el apoyo de las viguetas sobre muro intermedio.

B [derecha]: Sección por el apoyo de las viguetas sobre muro extremo.

3.2.1.3. Forjado de placas alveolares

Se trata de la construcción del forjado sin bovedillas al prefabricarse nervios superficiales o placas pretensadas con sus correspondientes huecos o alveolos de aligeramiento.

Las placas no requieren apearse durante el proceso de construcción, aunque siempre se aconseja cortar la luz del forjado con un apeo.

Requieren afianzarse entre sí con zunchos de hormigón armado, aunque sí precisan hormigonarse conjuntamente en la coronación del muro incorporando armaduras longitudinales. Las placas han de hormigonarse ligeramente sobre elevadas respecto del nivel de apoyo del muro, para que el hormigón fresco interpuesto ayude a repartir las cargas homogéneamente sobre el mismo.

Se complementan con los negativos adecuados en los apoyos, disponiéndose en continuidad cuando se trata del apoyo en un muro central, y doblándose envolviendo el apoyo sobre los muros perimetrales, así como con una armadura inferior a modo de anclaje.

El forjado se refuerza con una malla reticular electrosoldada embebida en la capa de compresión por encima de las placas alveolares.

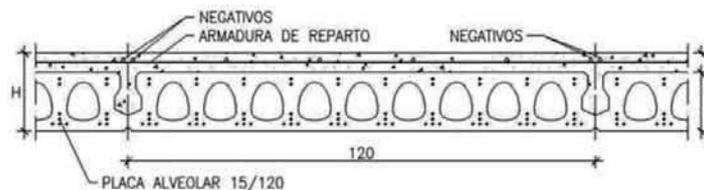


Ilustración 69. Forjado de placas alveolares sobre muro de bloque de hormigón hueco. Sección transversal con placas alveolares.

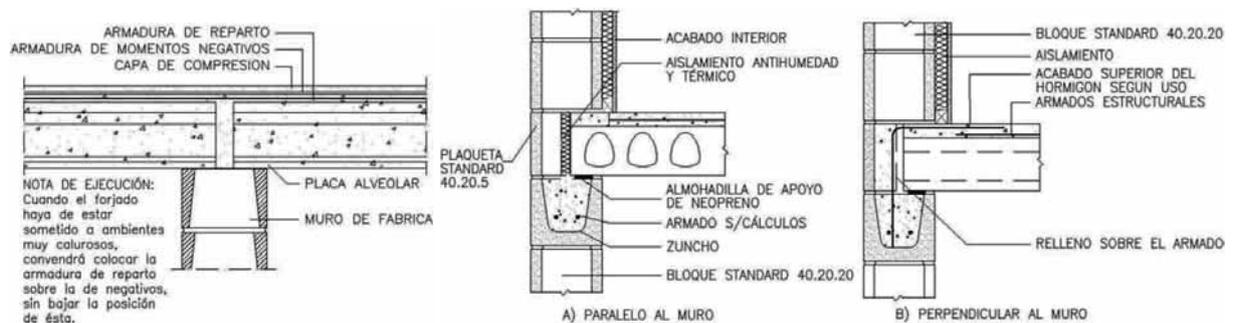


Ilustración 70. Forjado de placas alveolares sobre muro de bloque de hormigón hueco.

A [izquierda]: Sección por el apoyo de la placa sobre muro intermedio.

B [derecha]: Sección del apoyo de la placa en muro extremo. Variante del apoyo sobre pieza de zuncho armada para lograr la rotura del puente térmico.

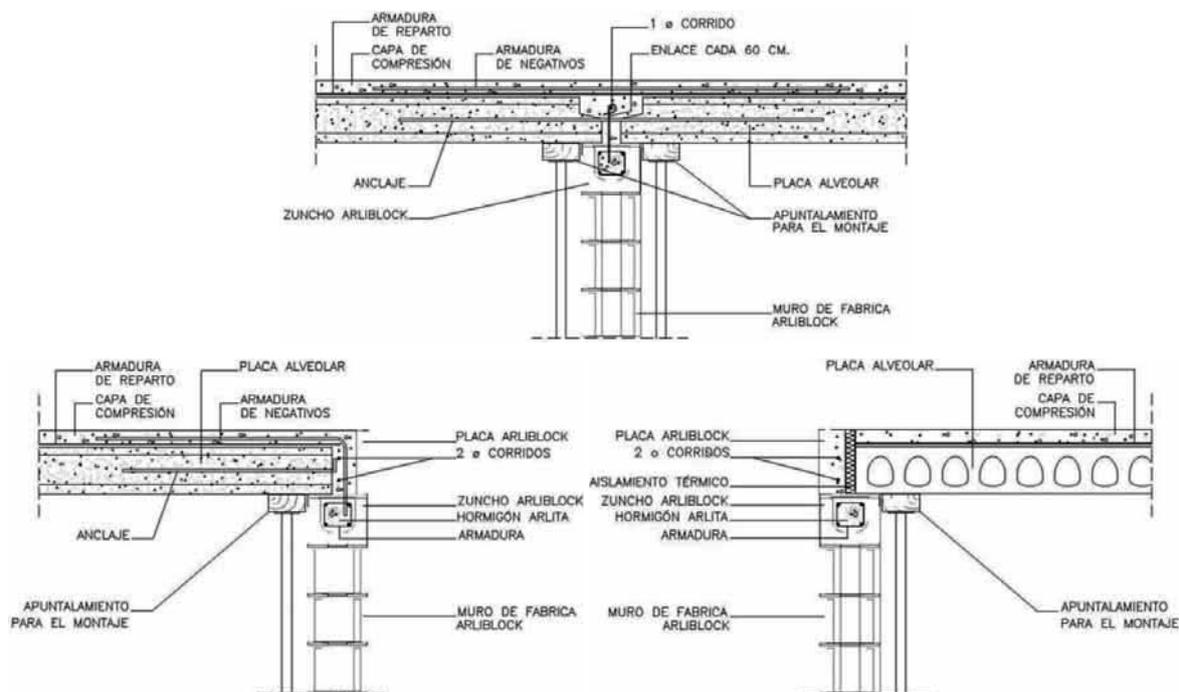


Ilustración 71. Forjado de placas alveolares sobre muro de fábrica Arliblock.

A [arriba]: Sección por la junta entre placas alveolares sobre muro intermedio.

B [izquierda]: Sección longitudinal por la junta entre placas alveolares.

C [derecha]: Sección transversal por el apoyo extremo de placas alveolares.

3.3. ESTRUCTURA DE FÁBRICA CONFINADA

En las estructuras porticadas con luces y alturas moderadas (alrededor de 5 y 3 m respectivamente), es posible contar con la contribución de la fábrica para estabilizar los pórticos frente a acciones horizontales, como el viento o el sismo, disponiendo las fábricas confinadas dentro del perímetro de las vigas y pilares de los pórticos de estructura. **Fábrica con contribución estructural.**

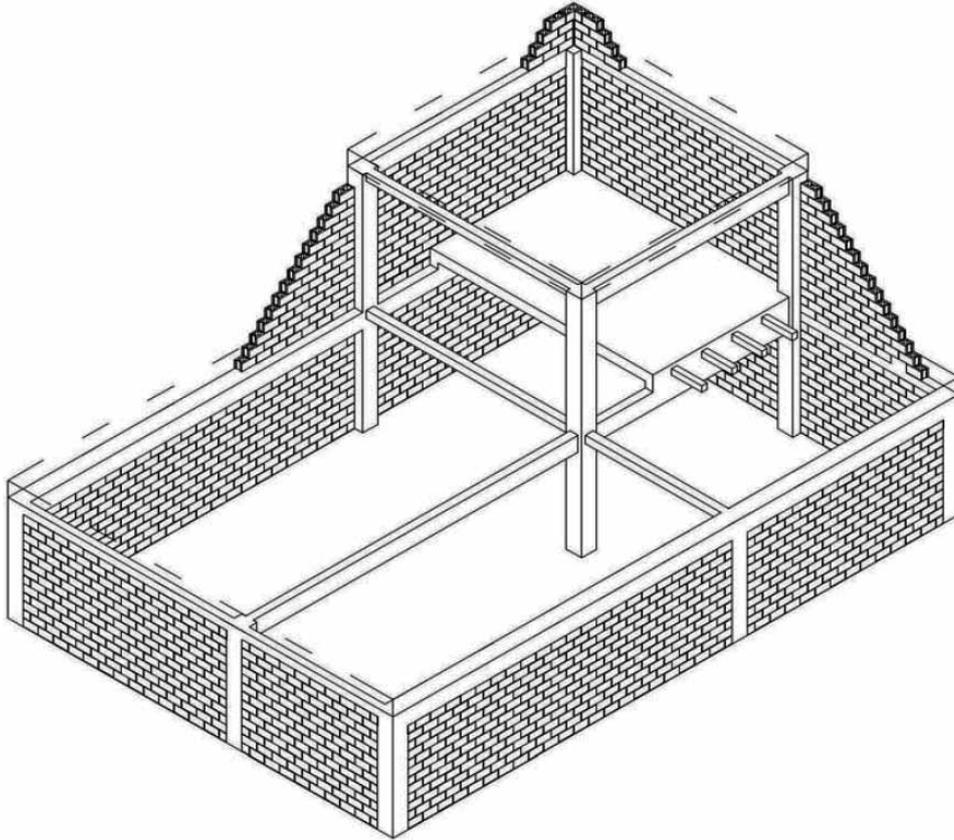
Al quedar la estructura vista, esta solución no ofrece suficiente eficacia, desde un punto de vista higrotérmico, si bien puede ser idónea para edificaciones sin calefactar y edificaciones con fachada ventilada.

La envolvente térmica del edificio debe resolverse por el exterior de la fábrica, ya que de este modo se evita la presencia de puentes térmicos.

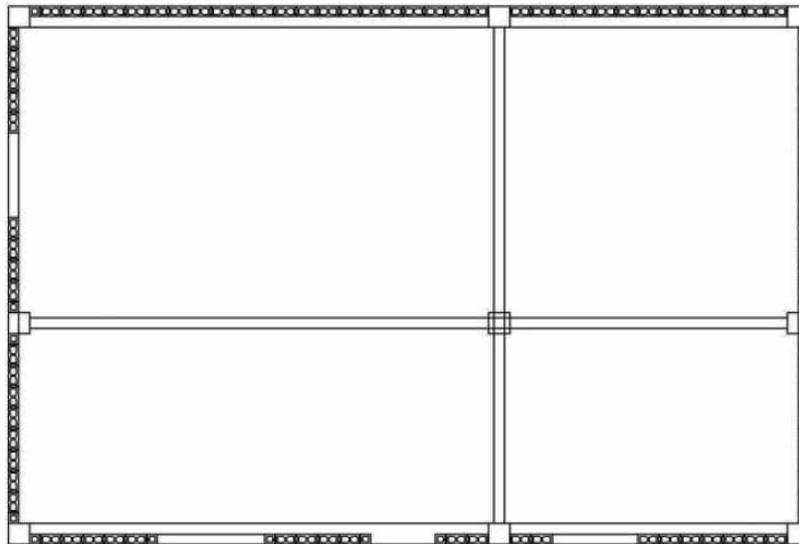
Las figuras siguientes muestran los detalles principales de un edificio de fábrica confinada en estructura porticada:

- Esquina con soporte de hormigón armado y muros confinados.
- Encuentro entre muro confinado y soporte.

En las figuras se muestran dos ejemplos diferenciados de organización de estructura de fábrica confinada, combinada con pilares y vigas de hormigón armado.



a)



b)

Ilustración 72. Edificio de fábrica confinada en estructura porticada:

- a. Volumetría: Pilar / Viga / Forjado / Viguetas / Muro confinado.
- b. Planta: Esquina / Encuentro en "T" / Cruce de muros / Hueco de puerta / Hueco de ventana.

3.4. MUROS DE SILLARES DE HORMIGÓN PARA CONTENCIÓN DE TIERRAS

Planteamiento estructural de fábricas verticales o ataluzadas para contención de tierras con o sin armar.

Excavando el terreno en talud y disponiendo sillares de hormigón en seco atirantados con mallas plásticas embebidas en el terreno y tensados por niveles, es posible soportar el empuje de las tierras, aprovechando su propio peso para estabilizar el muro.

Tal como se describió en el apartado 2.8. Muros de sillares de hormigón para contención de tierras (pág. 61), en este tipo de muros, es necesario garantizar el correcto drenaje y evacuación del agua infiltrada, para disminuir la acción de los empujes, para lo que se emplean trasdosados drenantes, mantas impermeabilizantes y tubos de drenaje inferiores.

Este tipo de muros responde a multitud de sistemas, generalmente patentados, y con métodos y software de cálculo específicos (para determinar la posible necesidad y características de las mallas o tirantes de refuerzo), con una ejecución y puesta en obra de escasa complejidad pero propia para cada caso.

Se exponen, a modo de ejemplo, dos secciones tipo de estos muros de contención. Uno con sillares atirantados y otro con sillares endentados.

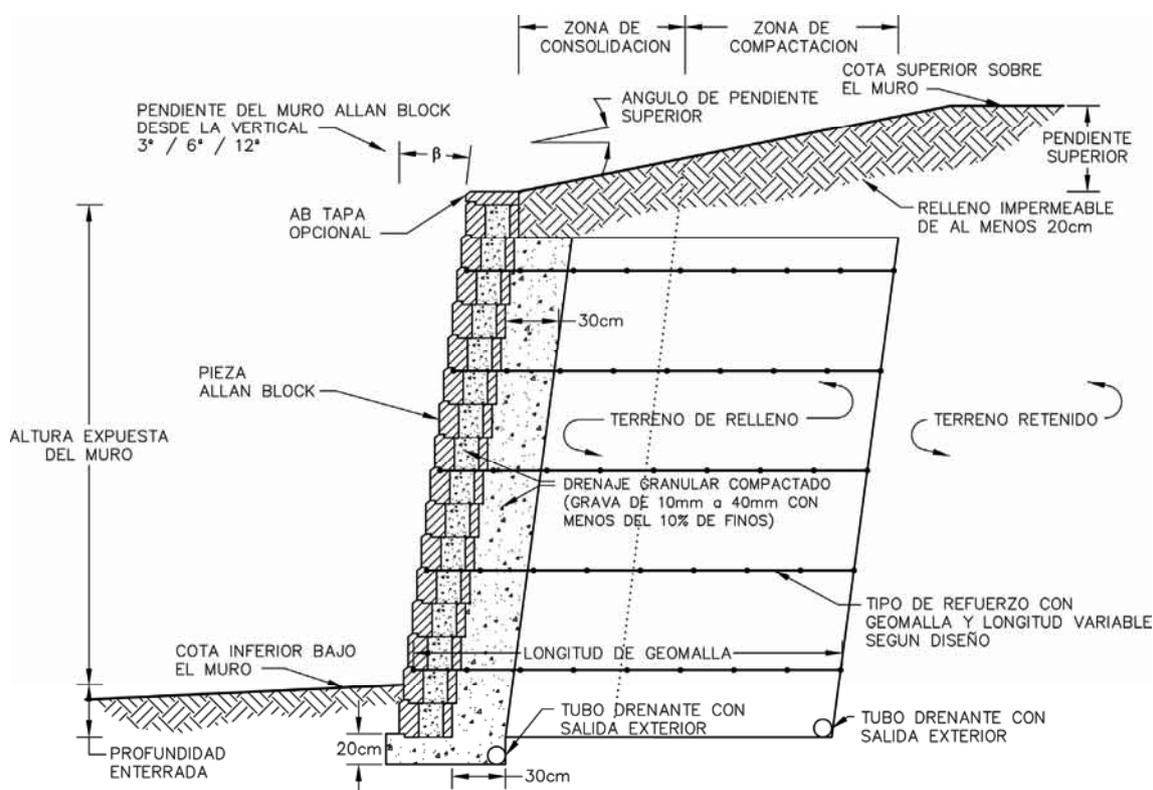


Ilustración 73. Muro de sillares de hormigón tipo Allan Block para contención de tierras. Ejemplo de muro reforzado mediante tirantes.

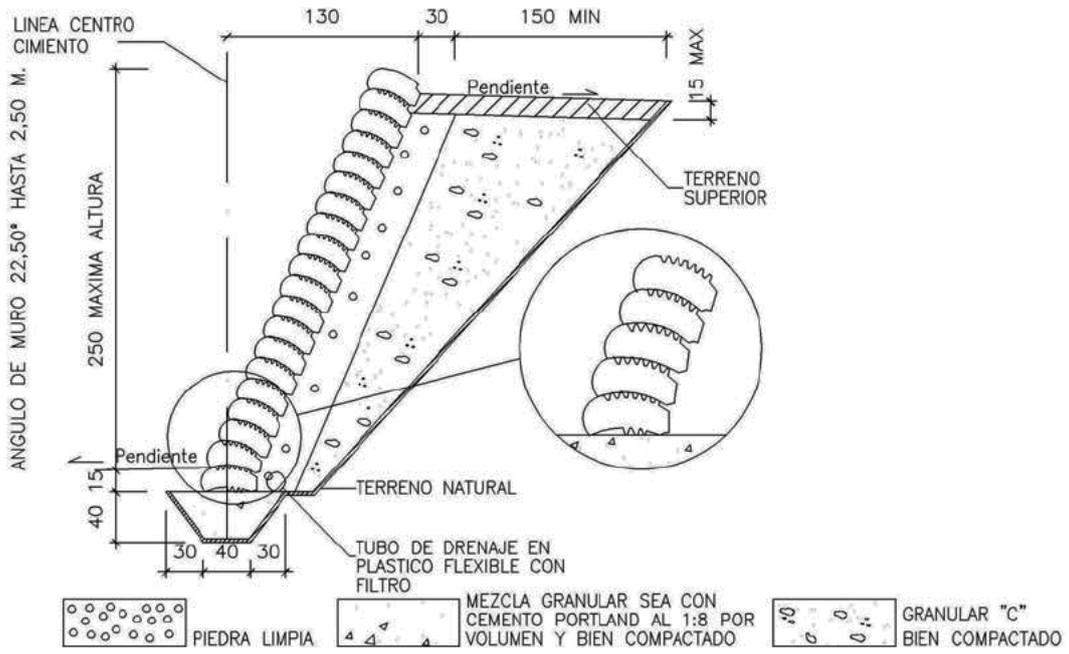


Ilustración 74. Esquema de sistema de muro de contención con sillares endentados tipo Porcupine.

4. DISEÑO DE FÁBRICAS

A la hora de diseñar una edificación con obra de fábrica de bloque de hormigón, convendrá decidir previamente si se desea una organización constructiva con muros homogéneos, que cumplen por sí mismos con las exigencias higrotérmicas de la fachada, o con muros heterogéneos que logran el mismo objetivo con dos o más hojas (cámara de aire, aislamiento intermedio...).

Además de la consideración anterior, y en función del tipo de edificio (vivienda, administrativo, industrial,...) de que se trate, habrá que decidir el tipo estructural más idóneo entre el de estructuras porticadas con fábricas de cerramiento y/o particiones, el de muros de carga y arriostramiento, o bien el de una estructura de fábrica confinada dentro de una estructura porticada (ya descritos en el capítulo 3. Tipos estructurales. Pág. 62).

Se desarrollan a continuación, algunas de las múltiples posibilidades que se generan combinando los distintos tipos de piezas de fábrica de hormigón, con las tres variantes de tipologías estructurales.

4.1. DISEÑO DE EDIFICIOS CON FÁBRICA EN CERRAMIENTOS Y/O PARTICIONES

Se trata de muros solicitados a flexión horizontal, y exentos de carga vertical.

4.1.1. MUROS DE CERRAMIENTO O DE PARTICIÓN HOMOGÉNEOS DE 1 HOJA

Entre los tipos habituales de edificios de muros de cerramiento homogéneos con bloques de hormigón, se pueden encontrar los siguientes:

- De piezas sin armar (BHH, LH, BAL).
- De bloques de hormigón hueco rellenos de hormigón armado (BHH) (zunchos y pilastras).

- De fábrica armada por tendeles de 1 hoja entre pilares de hormigón o acero (BHH, LH, BAL).

- Con el Sistema de Albañilería Integral (BHH, LH, BAL).

A modo de ejemplo, se desarrollan los detalles de un edificio de muro homogéneo de bloque multicámara enfoscado, envolviendo una estructura porticada de hormigón armado.

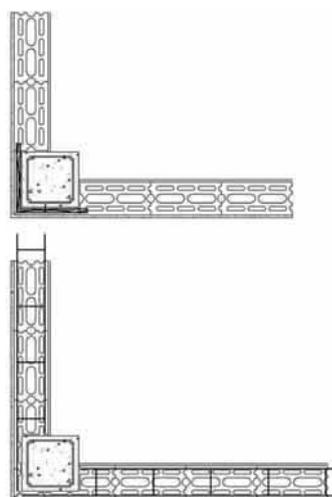


Ilustración 75. Planta de encuentros de muro de 1 hoja multicámara de cerramiento con pilares en esquina: hiladas pares con anclajes, hiladas impares con retículas de tendel.

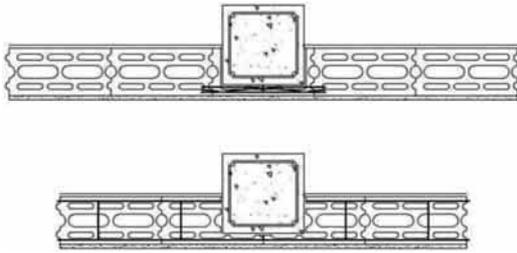


Ilustración 76. Planta de encuentros de muro de 1 hoja multicámara de cerramiento con pilares en el paño: hiladas pares con anclajes, hiladas impares con retículas de tendel.

El grueso de la pieza multicámara empleada en el muro, permite sobrevolar parte del mismo apoyándose sobre los forjados, así como chapar los frentes de éstos y de los pilares con plaquetas del mismo material para reducir el puente térmico.

Para lograr la libertad de movimiento adecuada, entre la estructura de hormigón y el cerramiento, se dispondrán láminas plásticas de separación entre ambos materiales, así como anclajes con doble libertad de movimiento, capaces de reforzar a su vez, la debilidad de los chapados del frente de los pilares.

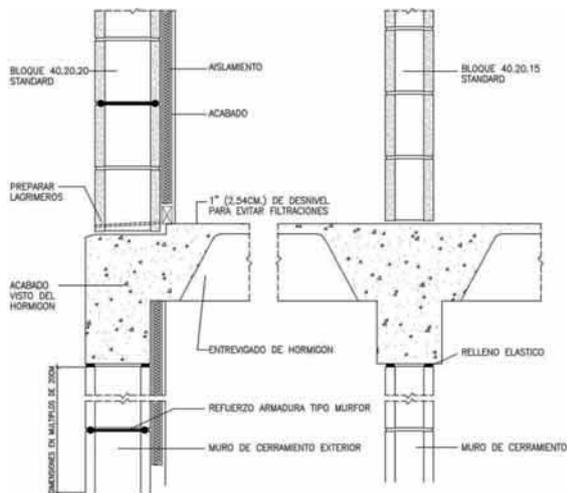


Ilustración 77. Sección de encuentros de muros de 1 hoja de cerramiento y partición con el forjado. Estructura vista y viga de canto.

Para evitar que la flecha del forjado afecte a la fábrica, se dispondrán juntas de movimiento horizontales entre los forjados y la fábrica, convenientemente aisladas y selladas.

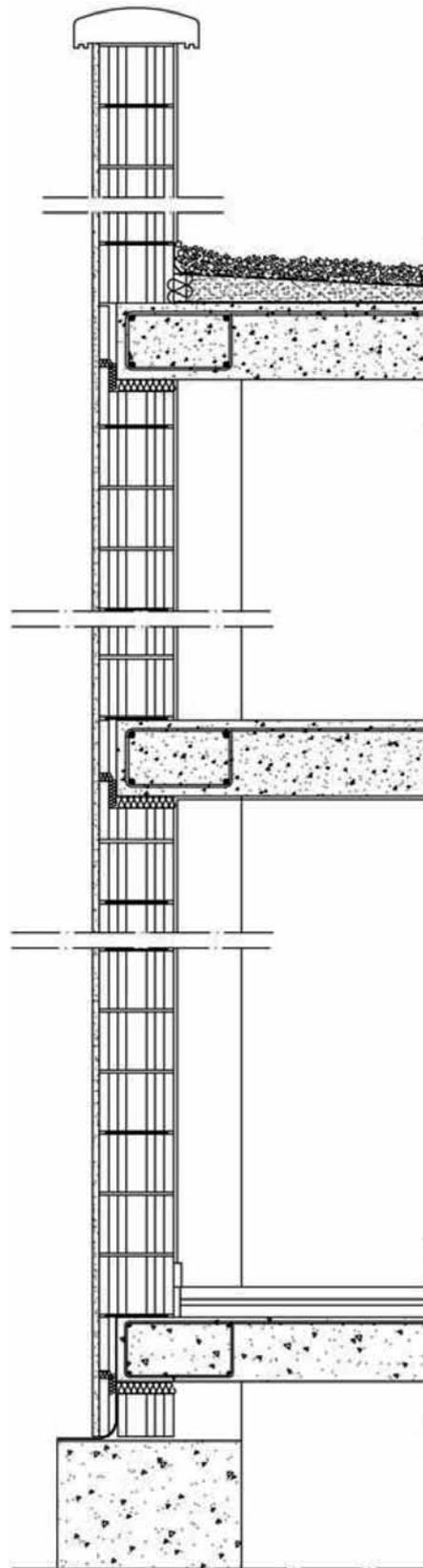


Ilustración 78. Sección de encuentro de muro de 1 hoja multicámara de cerramiento a niveles de planta baja, intermedia y cubierta.

4.1.2. MUROS DE CERRAMIENTO O DE PARTICIÓN HETEROGÉNEOS DE 2 HOJAS

Entre los tipos habituales de edificios de muros de cerramiento heterogéneos o de 2 hojas con bloques de hormigón, se pueden encontrar los siguientes:

- De piezas sin armar y con llaves de atado (BAD, LH, BAL).
- De bloques huecos apilastrados y zunchos rellenos con hormigón armado (BHH).
- De fábrica armada por tendeles de 2 hojas entre pilares de hormigón/acero (BHH, LH, BAL).
- Con el Sistema de Albañilería Integral (BAD, LH, BAL).

A modo de ejemplo, se desarrollan los detalles de un edificio de muro de 2 hojas de bloque de hormigón de 9 cm con aislamiento intermedio y cámara de aire ventilada, envolviendo una estructura porticada de hormigón armado.

Con la triangulación de las cerchas de tendel a caballo de las dos hojas, dispuestas a distancias regulares no mayores de 60 cm, es posible absorber los esfuerzos horizontales del viento entre ambas hojas, haciéndolas trabajar conjuntamente con la tipología del Duplex Cavity Wall (DCW).

El grueso del muro obtenido con dos esbeltas hojas de bloque de hormigón hueco, permite además hacer totalmente pasante la hoja exterior por delante de la estructura junto con la cámara de aire y el aislamiento, apoyando solamente la hoja interior sobre los forjados, gracias a la estabilidad que le ofrece el DCW y siempre que se cuente con una base adecuada.

Para lograr la libertad de movimiento idónea, entre la estructura de hormigón y el cerramiento, se dispondrán láminas de separación entre ambos materiales, así como anclajes con doble libertad de movimiento, en la hoja exterior pasante, y con una sola libertad de movimiento (vertical) en la hoja interior entestada a los pilares.

Para evitar que la flecha del forjado afecte a la fábrica, se dispondrán juntas de movimiento horizontales bajo los forjados, convenientemente aisladas y selladas.

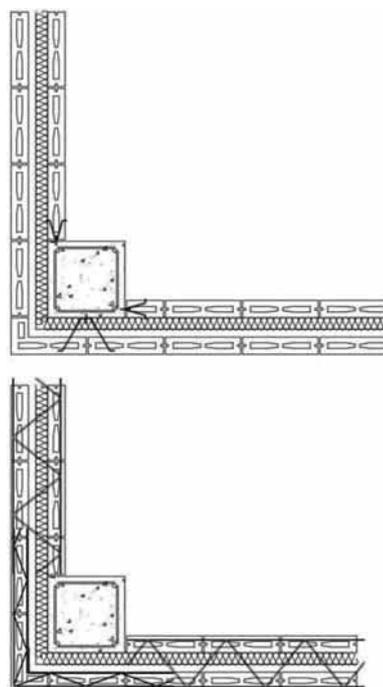


Ilustración 79. Plantas de encuentros de muro de cerramiento de 2 hojas (DCW), con cámara de aire y aislamiento, con pilares en esquina: hiladas pares, hiladas impares.

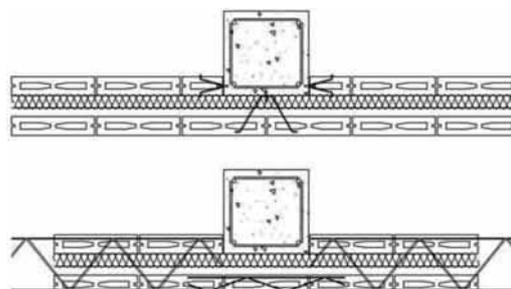


Ilustración 80. Plantas de encuentros de muro de cerramiento de 2 hojas (DCW), con cámara de aire y aislamiento, con pilares en el paño: hiladas pares, hiladas impares.

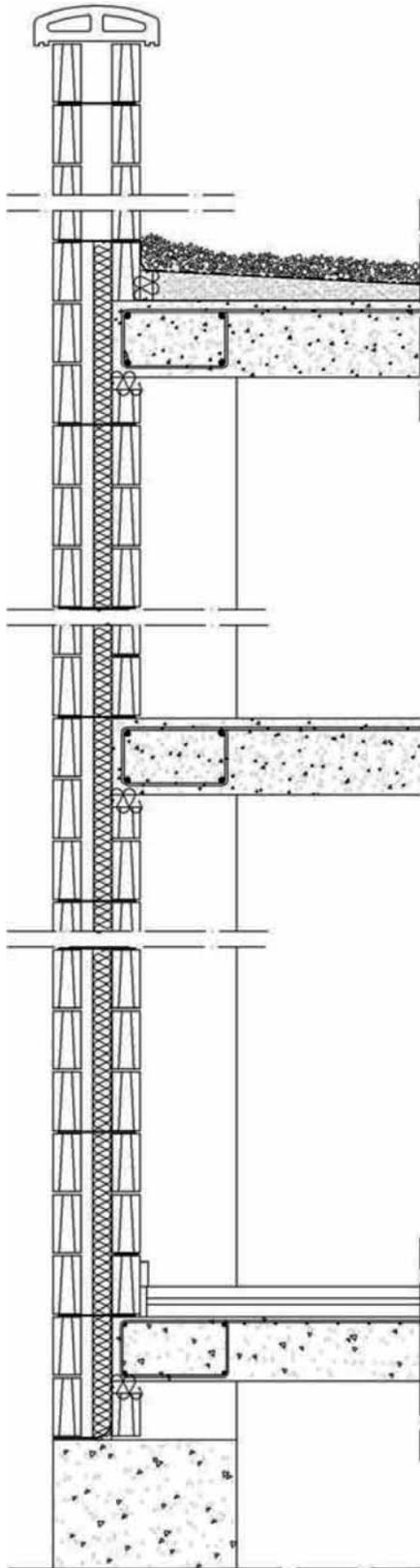


Ilustración 81. Sección de encuentro de muro de 2 hojas (DCW) de cerramiento y partición, a niveles de planta baja, intermedia y cubierta.

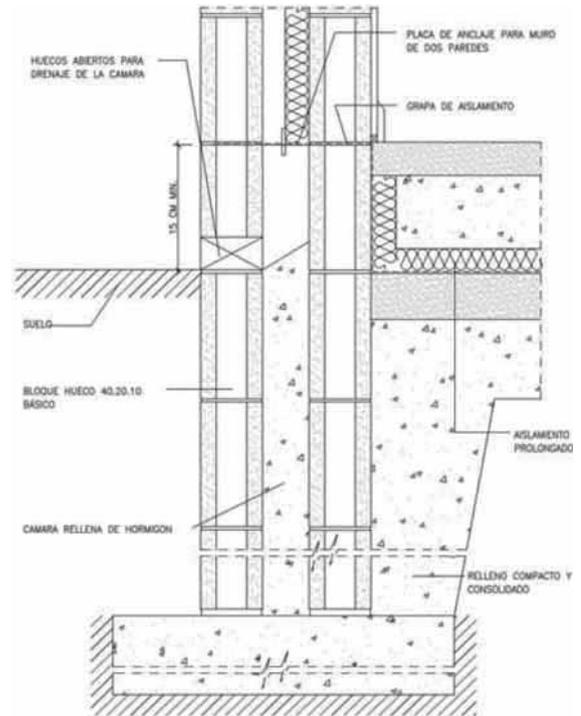


Ilustración 82. Sección de arranque sobre zanja de muro de 2 hojas de bloque hueco..

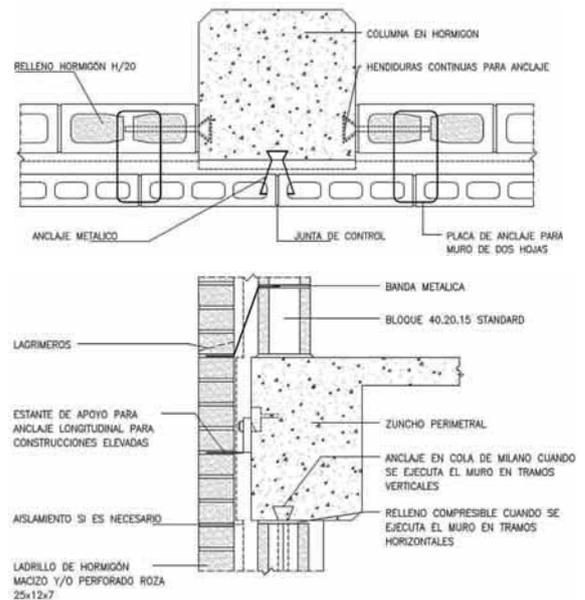


Ilustración 83. Planta y sección de encuentros de muro de cerramiento de 2 hojas de ladrillo. Hoja exterior de ladrillo de hormigón pasante y apoyada en angular. Hoja interior de bloque de hormigón hueco fijada a soportes.

4.1.4. MUROS DE GRAN ALTURA CON EL SISTEMA DE ALBAÑILERÍA INTEGRAL

En las edificaciones donde se construyen grandes paños de fábrica, de gran longitud o de gran altura sin puntos de anclaje a la estructura del edificio, puede interesar el empleo del Sistema de Albañilería Integral.

Este tipo de cerramientos y particiones autoportantes, pueden sujetarse a la estructura principal a mayores distancias que la fábrica normal.

Como criterio general, se pueden construir muros de gran altura con el Sistema de Albañilería Integral sujetos a la estructura cada 8 ó 9 m de separación, requiriendo por cálculo una costilla intermedia en las particiones interiores, y dos costillas intermedias en los cerramientos de fachada, que suelen modularse a distancias horizontales de 2,80 m para facilitar el enhebrado de las armaduras prefabricadas de tendel en la vertical de las costillas.

A modo de ejemplo de cerramiento, desarrollamos un muro autoportante de bloque de hormigón pasante por el frente de la estructura del edificio.

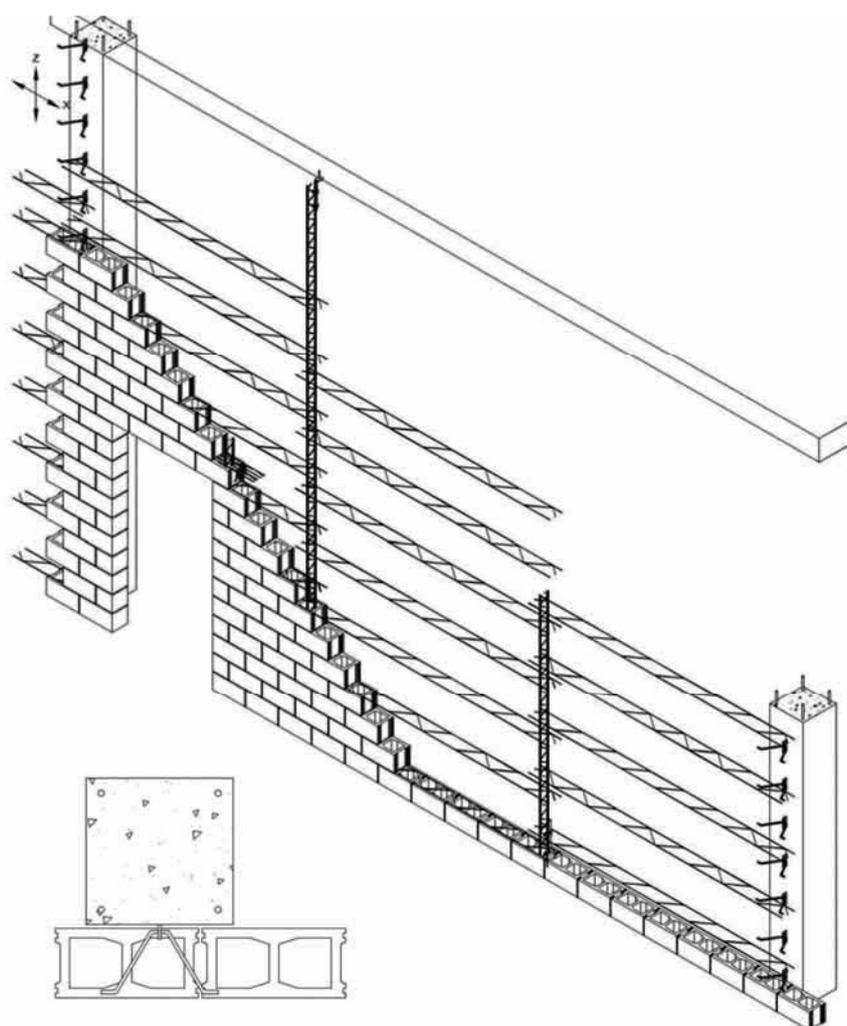


Ilustración 84. Perspectiva de muro de 1 hoja de cerramiento de gran altura con el Sistema de Albañilería Integral. Detalle del muro pasante con anclaje deslizante en las direcciones vertical y horizontal del plano del muro (X, Z).

Al tratarse de un muro pasante por delante de la estructura de hormigón armado, hay que emplear anclajes a los pilares con la doble libertad de movimiento del plano del muro de fachada (X, Z), que garantiza su movimiento por cambios de humedad y temperatura, al tiempo que estabiliza al muro frente a la acción horizontal del viento y perpendicular al mismo.

A modo de ejemplo de partición, desarrollamos un muro autoportante de bloque de hormigón entestado con la estructura del edificio.

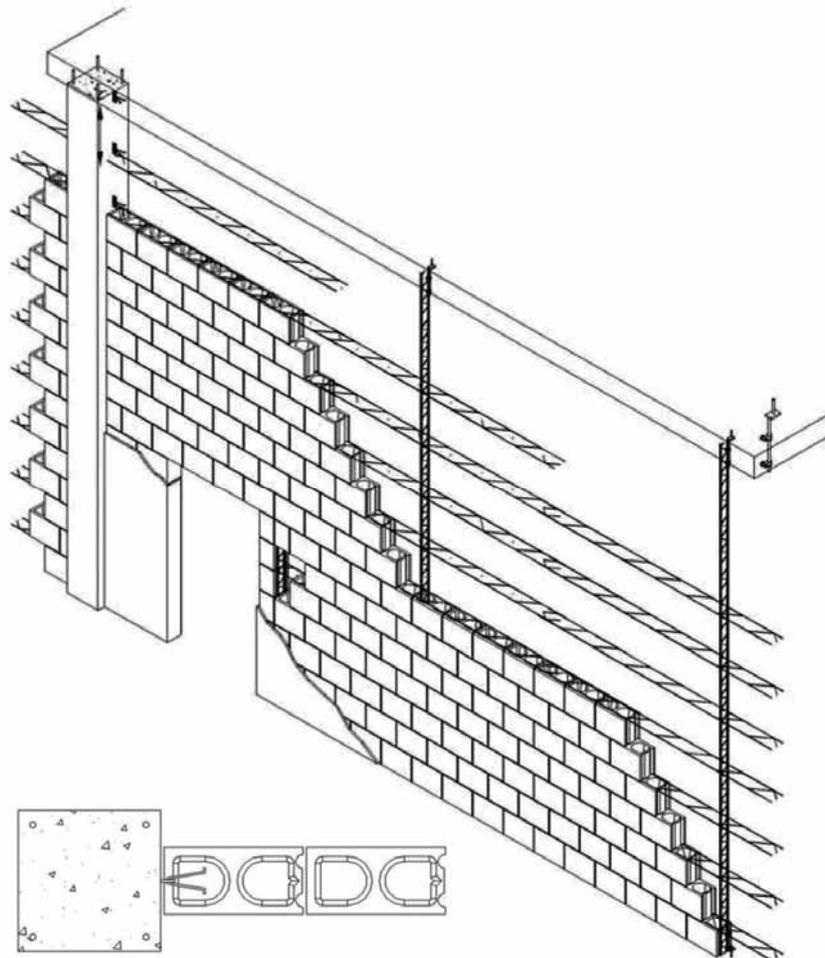


Ilustración 85. Perspectiva de muro de 1 hoja de partición de gran altura, con el Sistema de Albañilería Integral. Detalle del muro entestado con anclaje deslizante sólo en vertical (Z).

Al entestar el muro sobre los pilares interiores del edificio, se requiere un anclaje con sólo la libertad de movimiento vertical (Z), para evitar coartar el asiento de la fábrica, ya que no se esperan en el ambiente interior, grandes cambios higrotérmicos que afecten al movimiento del muro, una vez asentado.

4.1.5. ENCUENTROS Y JUNTAS ENTRE ESTRUCTURAS DE CERRAMIENTO Y PORTICADAS

Este tipo de juntas y encuentros generarán una modulación espacial entre muros de cerramiento y/o partición y estructura porticada.

Tipos de Juntas a contemplar:

- Juntas de movimiento entre estructura y cerramiento o partición.
- Juntas de movimiento verticales, a distancias según armado.
- Juntas de movimiento horizontales bajo los forjados.
- Juntas estructurales verticales.
- Juntas constructivas.
- Juntas compositivas.
- Juntas entre etapas de ejecución.
- Juntas de control en zonas con variación de carga y/o grueso.

4.2. DISEÑO DE EDIFICIOS DE MUROS DE CARGA Y ARRIOSTRAMIENTO

Se trata de la combinación espacial de muros cargados verticalmente, y estabilizados por otros solicitados horizontalmente en su plano.

En este tipo de muros cobra gran importancia la modulación espacial entre muros de carga y arriostramiento. A la hora de componer el muro de fábrica, hay que tener en cuenta a su vez, las alteraciones que suponen los huecos de la edificación, ya que de una correcta modulación de ellos, se obtiene una mayor facilidad de ejecución posterior.

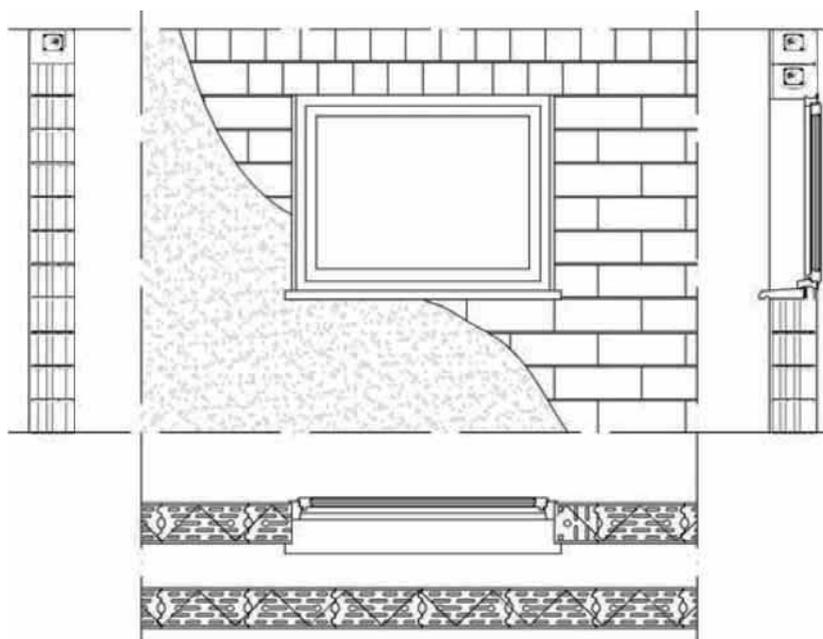


Ilustración 86. Detalle ventana en muro de 1 hoja de fábrica de bloque aligerado tipo Arliblock: alzado, plantas y secciones.

Hay que tener en cuenta todos los componentes del muro:

- Cimentación.
- Zócalo.
- Paño corrido.
- Antepecho.
- Jambas.
- Dinteles.
- Caja de persiana.
- Coronación.
- Machón.
- Pilastra.

4.2.1. MUROS DE CARGA Y ARRIOSTRAMIENTO HOMOGÉNEOS DE 1 HOJA

Entre los tipos habituales de edificios de muros de carga y arriostramiento de 1 hoja con bloques de hormigón se pueden encontrar los siguientes:

- De piezas sin armar (BHH, LH, BAL).
- De bloques de hormigón hueco rellenos de hormigón armado (BHH).
- De fábrica armada por tendeles de 1 hoja entre muros de arriostramiento (BHH, LH, BAL).
- Con el Sistema de Albañilería Integral (BHH, LH, BAL).

A modo de ejemplo, se desarrolla un edificio de muro de carga de árido ligero de 1 hoja.

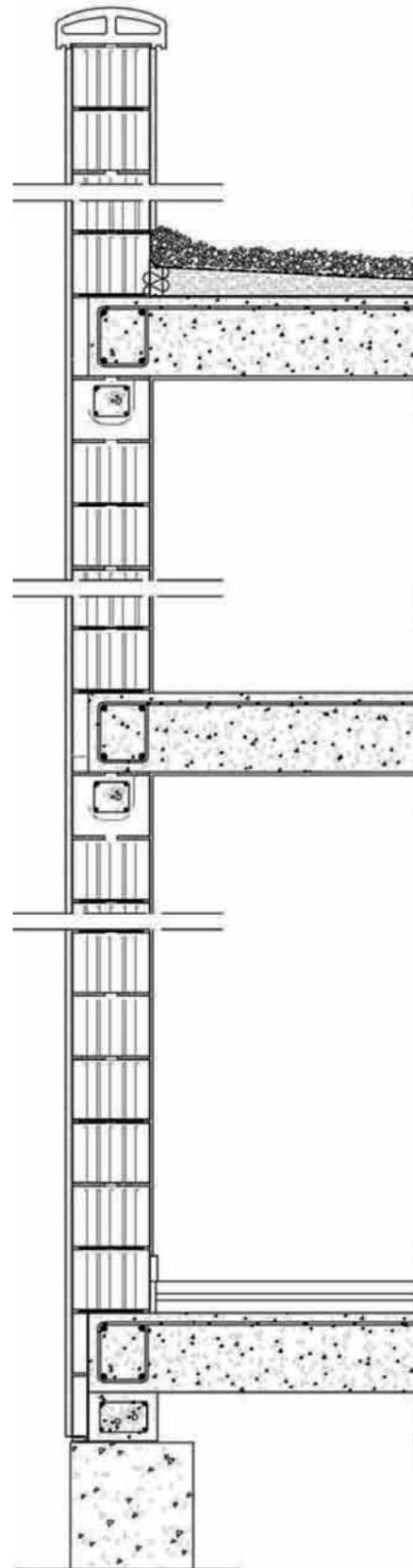


Ilustración 87. Sección de encuentro de muro de 1 hoja de bloque de árido ligero de carga (Arliblock).

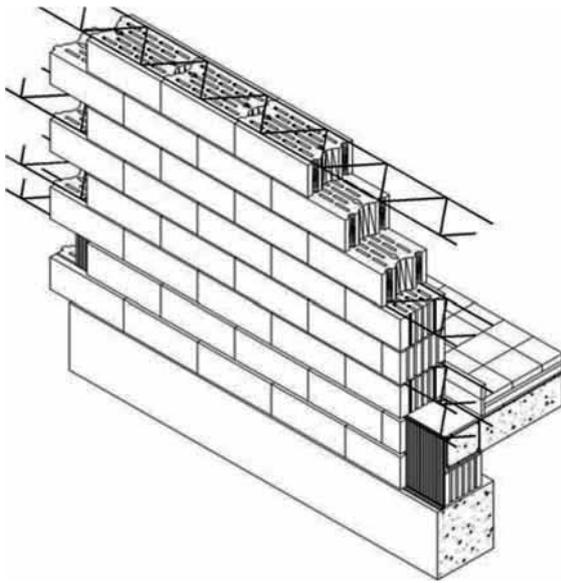


Ilustración 88. Perspectiva de arranque sobre cimentación de muro de 1 hoja de bloque de árido ligero de carga (Arliblock). Fábrica armada con cerchas de tendel.

Se presentan igualmente diferentes soluciones con diversos tipos de bloques y distintas composiciones del cerramiento con muros de 1 hoja.

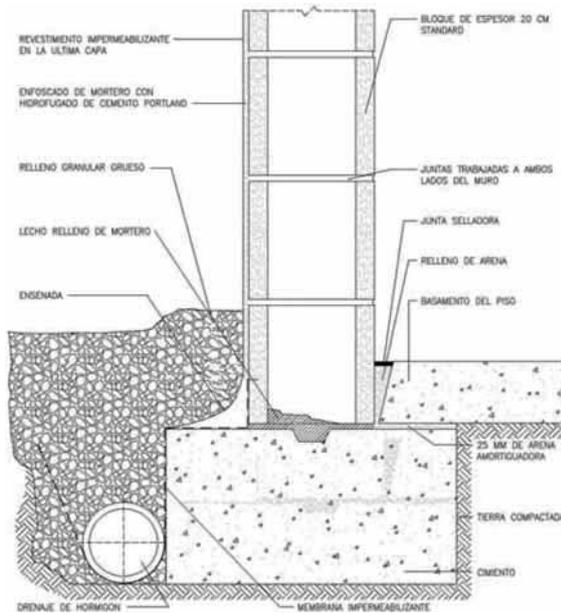


Ilustración 89. Sección de arranque sobre cimentación de muro de 1 hoja de bloque hueco de carga.

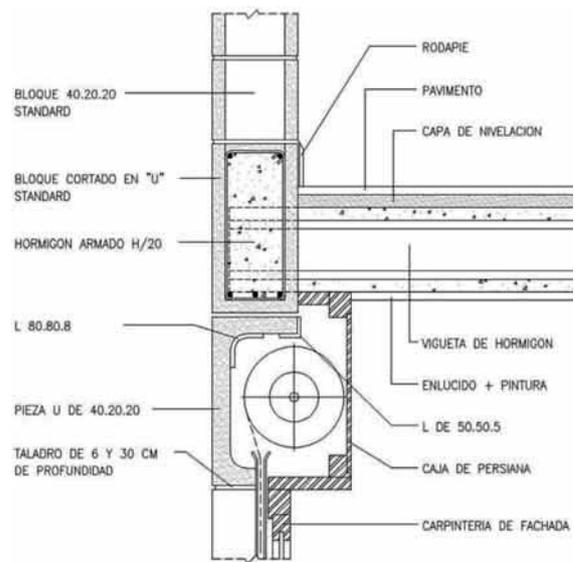


Ilustración 90. Detalle de caja de persiana en muro de 1 hoja de bloque hueco de carga.

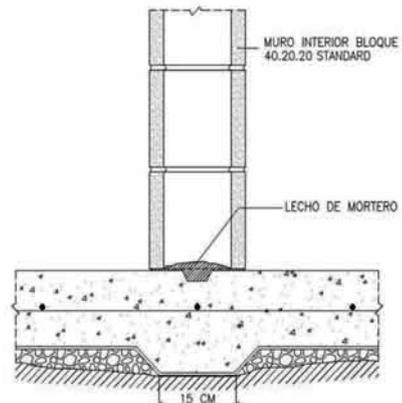
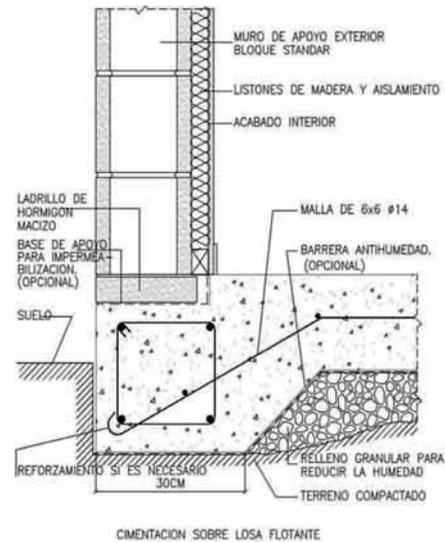


Ilustración 91. Secciones de arranque de muro de 1 hoja de bloque de carga sobre cimentación de losa flotante.

4.2.2. MUROS DE CARGA Y ARRIOSTRAMIENTO HETEROGÉNEOS DE 2 HOJAS

Entre los tipos habituales de edificios de muros de carga y arriostramiento heterogéneos de 2 hojas con bloques de hormigón se pueden encontrar los siguientes:

- De piezas sin armar y con llaves de atado (BHH, LH, BAL).
- De bloques huecos apilastrados rellenos con hormigón armado (BHH).
- De fábrica armada por tendeles de 2 hojas entre muros de arriostramiento (BHH, LH, BAL).
- Con el Sistema de Albañilería Integral (BHH, LH, BAL).

A modo de ejemplo, se desarrolla un edificio con muro de 2 hojas, atadas con armaduras prefabricadas de tendel en forma de cercha, con aislamiento intermedio. La hoja exterior es de ladrillo alargado pasante por delante de la estructura, y la hoja interior, que es la que está cargada por los forjados, es de bloque de hormigón hueco.

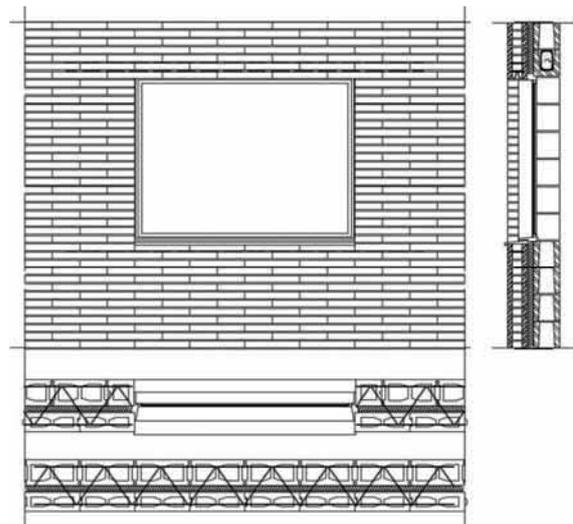
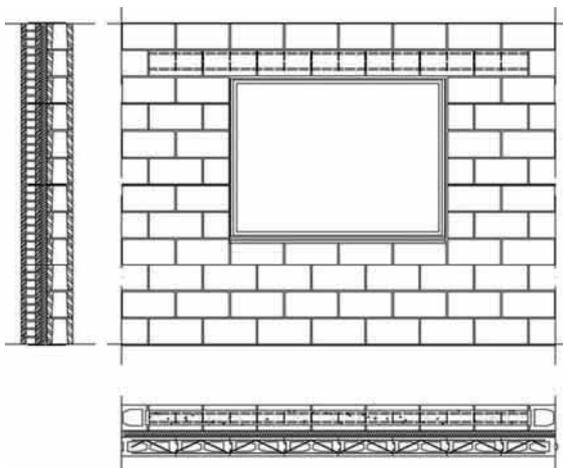


Ilustración 92. Ventana en muro de 2 hojas de ladrillo alargado y bloque hueco de carga con cercha de tendel: alzados, plantas y secciones.

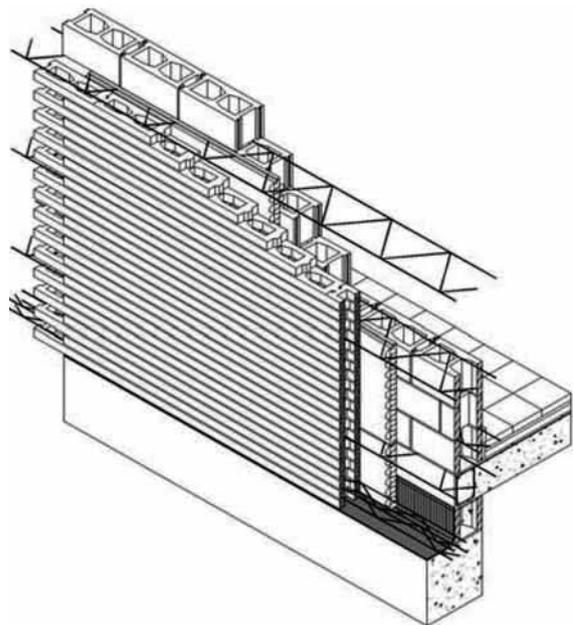


Ilustración 93. Perspectiva de arranque sobre cimentación de muro de 2 hojas de ladrillo alargado y bloque hueco de carga. Hojas solidarizadas con cerchas de tendel a caballo de ambas (DCW) dejando cámara de aire intermedia con aislamiento.

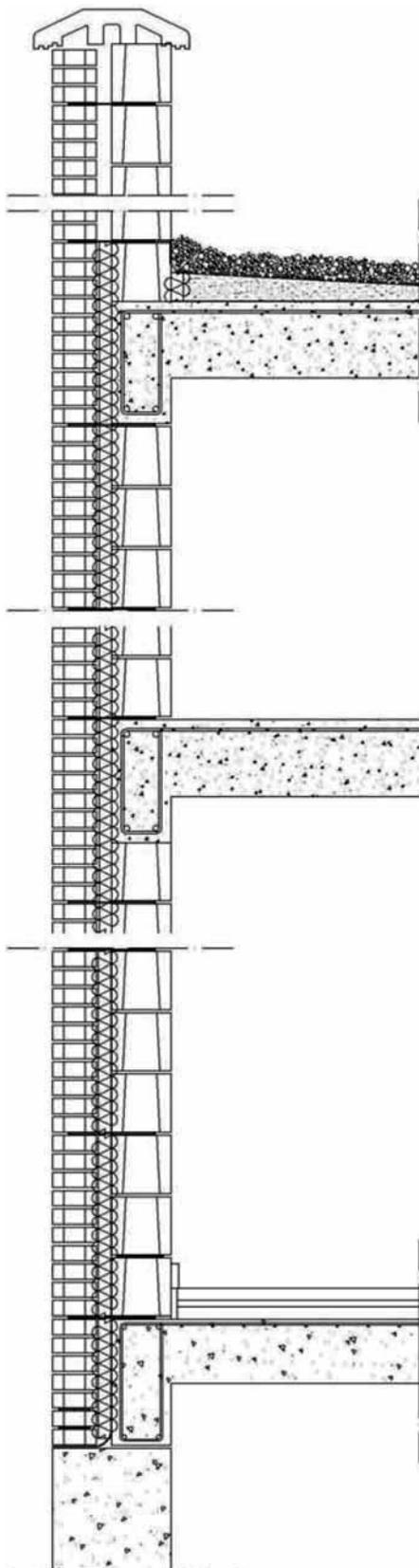


Ilustración 94. Sección de encuentro de muro de 2 hojas de ladrillo alargado y bloque hueco de carga.

Se presentan igualmente diferentes soluciones con diversos tipos de bloques y distintas composiciones del cerramiento.

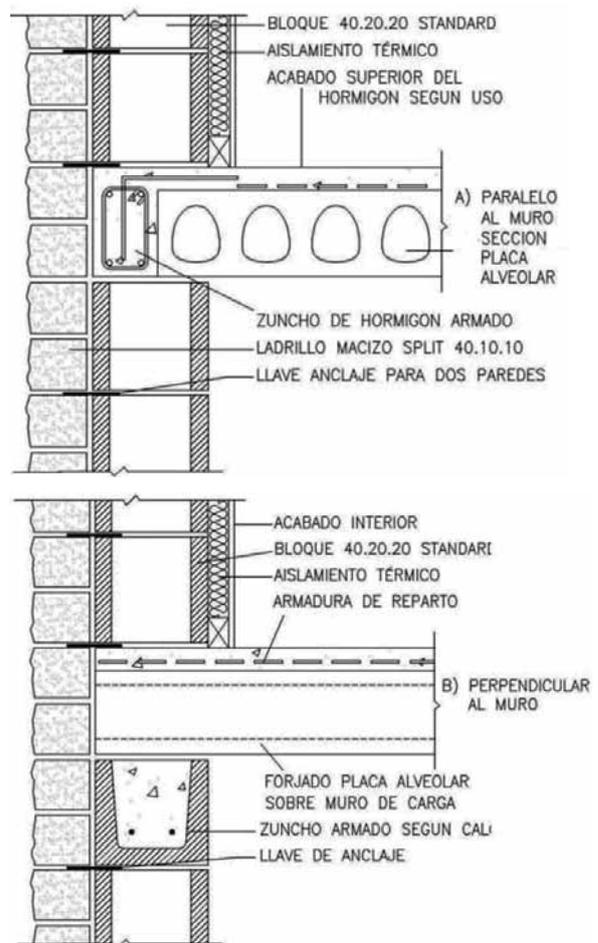


Ilustración 95. Secciones de encuentro de muro doble de ladrillo y bloque hueco con forjado de placas alveolares cargando en la hoja interior del cerramiento.

A [arriba]: Sección perpendicular a la placa.

B [abajo]: Sección paralela a la placa.

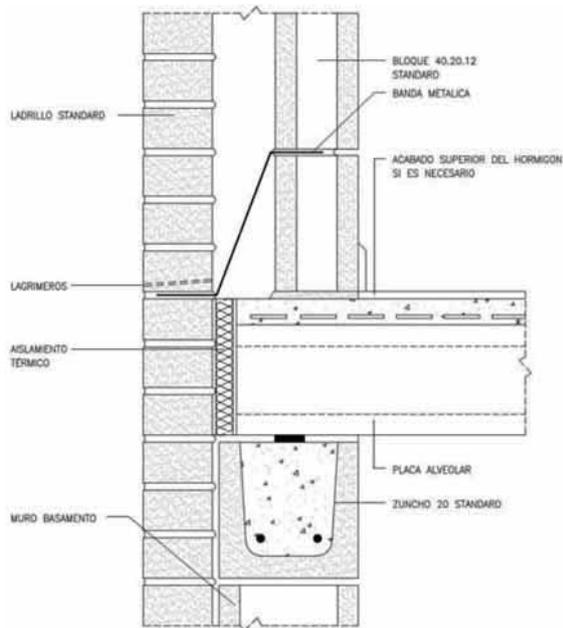


Ilustración 96. Sección de encuentro de muro de 2 hojas de ladrillo y bloque hueco de carga. Hoja exterior pasante apoyada en cimentación y hoja interior con apoyo de forjado sobre piezas zuncho.

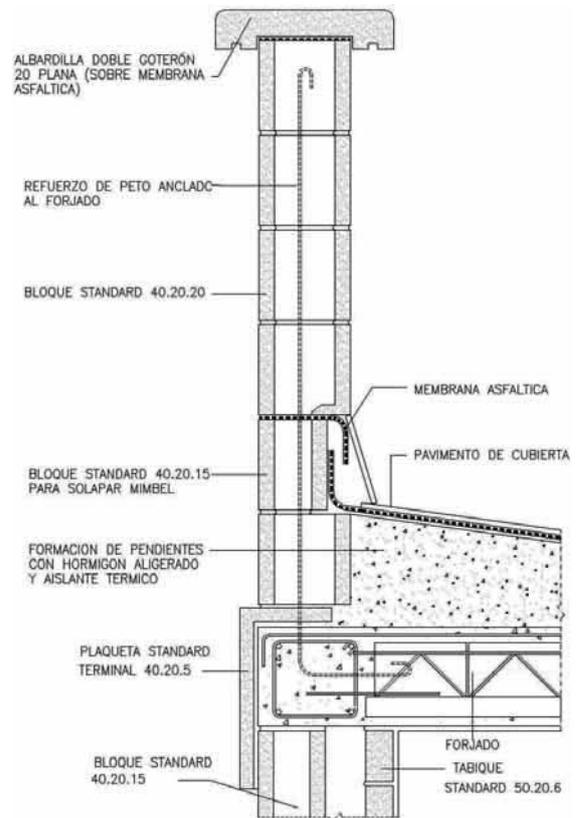


Ilustración 98. Sección de encuentro de muro de 1 hoja de bloque hueco en el peto de cubierta.

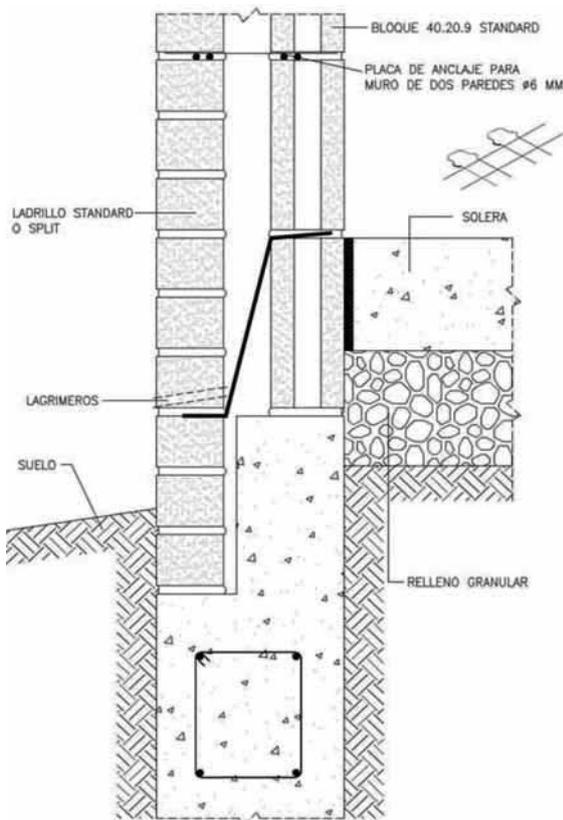


Ilustración 97. Sección de arranque sobre cimentación de muro de cerramiento de 2 hojas, de ladrillo y bloque. Caso con arranques en cimentación a distinto nivel.

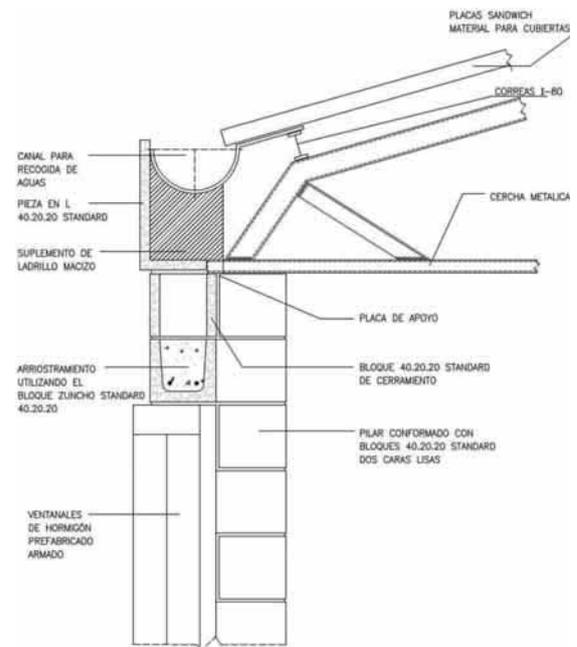


Ilustración 99. Sección de encuentro de muro de 1 hoja de bloque hueco con cubierta de cercha apoyada en pilastra sobresaliente.

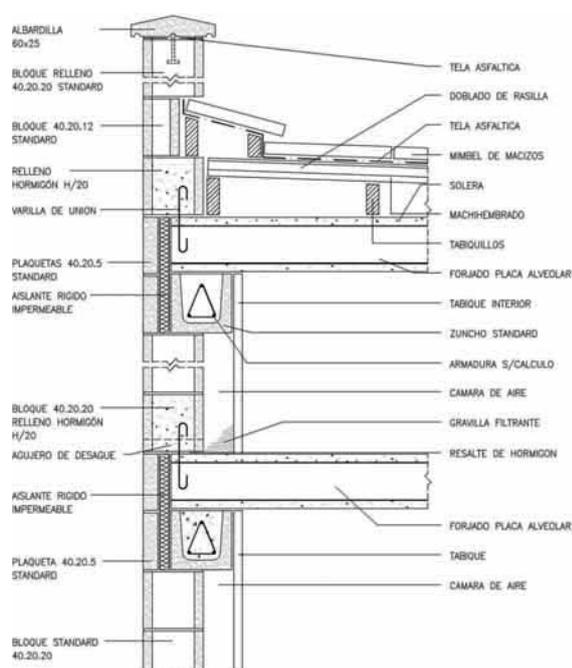


Ilustración 100. Secciones de encuentro de muro de 1 hoja de bloque hueco de carga con forjado de placa alveolar y peto de cubierta.

4.2.3. ENCUENTROS Y JUNTAS EN EDIFICIO DE MURO DE CARGA Y ARRIOSTRAMIENTO

Es fundamental para una correcta ejecución en obra, diseñar la fábrica modulada con el tipo de pieza a emplear.

Los muros de carga y arriostramiento, deberán trabarse convenientemente entre sí, pudiendo recurrir al aparejo entre ambas fábricas, o a cerchas en los tendeles.

Las longitudes de los paños de fábrica entre juntas verticales de movimiento, dependerán del empleo o no de la fábrica armada por tendeles.

Tipos de juntas a contemplar:

- Juntas de asiento en cimentación.
- Juntas estructurales verticales.
- Juntas constructivas.

- Juntas compositivas.
- Juntas entre etapas de ejecución.
- Juntas de control en zonas con variación de carga y/o grueso.
- Juntas verticales de movimiento (función del armado).
- Juntas horizontales de movimiento (no se disponen en esta tipología).

Cuando se busca estabilizar las acciones horizontales de muros de cerramiento o partición embocándolos en el interior de los perfiles metálicos (IPN, UPN,...), quedando sujetos por las alas de los perfiles, conviene dejar cierta separación entre la fábrica y el alma del soporte metálico, para su libre dilatación y/o deformación.

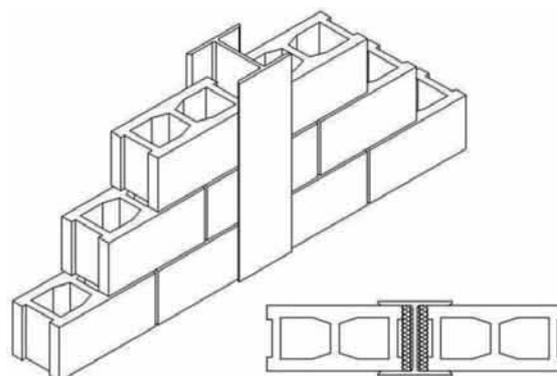


Ilustración 101. Muro embocado entre las alas de un soporte metálico HEB.

4.3. DISEÑO DE EDIFICIOS CON MUROS CONFINADOS

Se trata de edificaciones en las que las deformaciones de la estructura de hormigón armado están coartadas por las fábricas que rellenan "a tope" determinados pórticos.

Para que puedan trabajar conjuntamente ambas estructuras, es imprescindible evitar que queden juntas verticales u horizontales

sin rellenar de mortero, entre los pórticos y los paños de fábrica confinada.

No se disponen en esta tipología, ni juntas verticales ni juntas horizontales en la fábrica, existiendo solamente las juntas estructurales de los pórticos de hormigón armado.

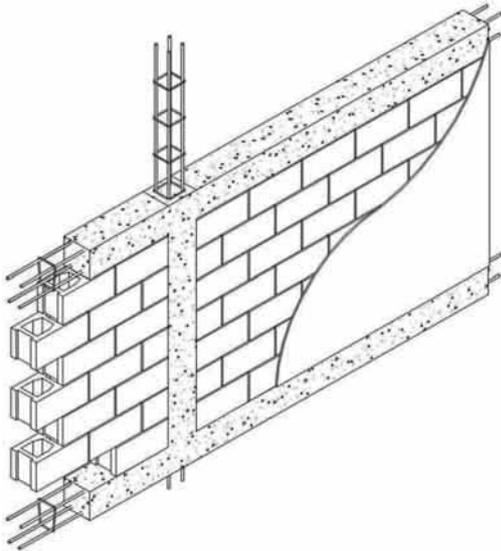


Ilustración 102. Muros de bloque de hormigón confinados entre pilares y vigas de hormigón armado.

No debe confundirse el comportamiento conjunto de la fábrica de bloque de hormigón y los pórticos de hormigón armado, con el funcionamiento de las fábricas entestadas en el interior de los perfiles metálicos. Pues en las primeras, la homogeneidad de materiales compatibiliza sus deformaciones, mientras que por el contrario, las estructuras de acero tienen mayor movilidad que las fábricas de bloque de hormigón.

La edificación con fábrica confinada en estructura porticada, suele ser necesario aplicarla en zonas sísmicas. En dicho caso, es conveniente además construir muros de fábrica armada por tendeles con cerchas, ya que su capacidad resistente en las dos direcciones del plano del muro, contribuyen a evitar daños y grietas ante la actuación de un sismo.

4.4. JUNTAS DE MOVIMIENTO

En los 3 tipos estructurales que se desarrollan (Muros de Cerramiento-Partición (M.CE-P), Muros de Carga-Arriostramiento (M.CA-A) y Muros Confinados (M.CONF)), deberá tenerse en cuenta la separación horizontal máxima entre juntas verticales de movimiento, en función de que se trate de muros de fábrica sin armar, o de fábrica armada.

Para que un muro pueda tener la consideración de fábrica armada debe contar con armaduras prefabricadas dispuestas regularmente en los tendeles, cada 60 cm de altura como máximo, y con una proporción del 0,03% de acero respecto a la sección de la fábrica.

La siguiente tabla muestra la separación máxima recomendada de las juntas verticales de movimiento en función del armado, si bien el CTE-SE-F establece un máximo único de 20 m para bloques de hormigón ordinario.

| TIPO DE FÁBRICA | Armado con armaduras de tendel prefabricadas tipo cercha | | | | | |
|-----------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Sin armar | Cerchas cada 60cm | Cerchas cada 50cm | Cerchas cada 40cm | Cerchas cada 30cm | Cerchas cada 20cm |
| Hormigón Denso | 8m | 10m | 12m | 14m | 16m | 18m |
| Hormigón Ligero | 6m | 8m | 10m | 12m | 14m | 16m |

Tabla 7. Separación máxima recomendada entre juntas verticales de movimiento.

5. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

En el presente capítulo se exponen una serie de disposiciones constructivas genéricas a tener en cuenta a la hora de ejecutar la fábrica y que prever a la hora de proyectarla.

En el siguiente capítulo se expondrán toda una serie de disposiciones a considerar sobre la propia ejecución de las fábricas de bloque.

5.1. MUROS DE CARGA

SIN ARMAR

Los muros de bloques huecos de hormigón se configuran en hiladas horizontales alternando las juntas verticales (llagas) de manera que las de cada hilada coincidan con los planos verticales de simetría, normales al paramento, de los bloques de las hiladas superior e inferior, y los huecos se corresponden en toda la altura del muro. De esta manera se consigue un solape entre hiladas consecutivas igual a la mitad de la longitud del bloque, dimensión más que suficiente para considerar el muro como un elemento estructural unitario.

Los comienzos de muro y las jambas requieren de piezas enteras y medias de terminación por su correcta configuración.

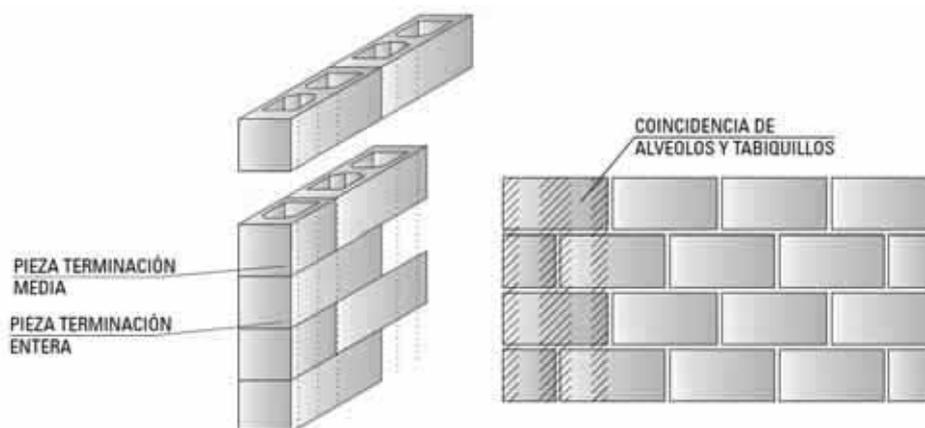


Ilustración 103. Correcta trabazón entre piezas de la fábrica y uso de piezas especiales.

ARMADOS

Para mejorar su resistencia a flexión y compresión se pueden reforzar las fábricas de bloques de hormigón con armaduras de acero, tanto horizontal como verticalmente de manera que ambas actúen conjuntamente ante los esfuerzos.

Las armaduras horizontales generalmente se colocan en piezas tipo zuncho a medida que se sube la fábrica formando cadenas (zunchos) de atado. Se recomienda armar una de cada cinco hiladas, como mínimo con 2 $\varnothing 8$ mm.

En caso de utilizar bloques estándar para la ejecución del zuncho será necesario hacer una rotura parcial de los tabiquillos, y disponer una tela metálica sobre la hilada que va a soportar la cadena sostener el hormigón. Lo idóneo es emplear piezas especiales tipo zuncho con la geometría adecuada, lo que facilita la correcta disposición de la armadura y el llenado del zuncho.

Las armaduras verticales van en el interior de los huecos alineados; se pueden colocar antes o después de levantar la fábrica, solapando 30 veces su diámetro. Se recomienda armar un bloque cada 5 unidades contadas en planta.

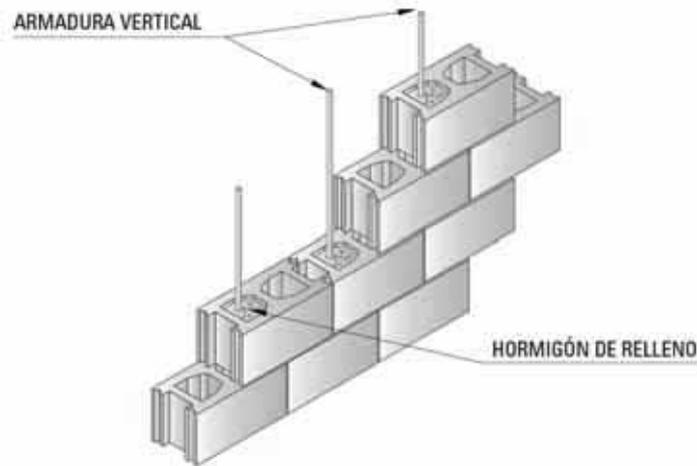


Ilustración 104. Colocación de la armadura vertical en el interior de los huecos.

Si la armadura se coloca antes de levantar la fábrica, los bloques deben tener abierto uno de los extremos por donde abrazarán las armaduras, o los dos si las barras verticales van en ambos huecos. Esto se puede conseguir rompiendo los tabiquillos laterales necesarios. Si la armadura se realiza en tramos, pueden dejarse los bloques sin alterar y colocar las piezas desde arriba, enhebrando la armadura. En este último caso será necesario respetar el solape mínimo de 30 veces el diámetro de la armadura.

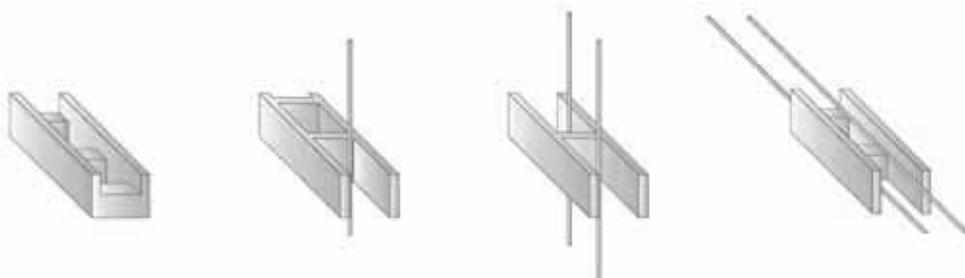


Ilustración 105. Recorte de tabiquillos para disponer la armadura en piezas estándar.

Las armaduras colocadas antes de levantar la fábrica se van hormigonando a la vez que se levanta cada hilada.

Las colocadas posteriormente se mantienen en su posición y se hormigona la columna de huecos. Para confirmar un correcto llenado será necesario realizar una perforación en la base de la columna de huecos con el fin de verificar el llenado completo hasta el arranque del muro.

El relleno de los huecos se realizará con un hormigón de dosificación adecuada al tamaño del hueco. Para huecos mayores de 10 cm se puede utilizar hormigón con áridos de tamaño máximo 20 mm. Para huecos menores se puede utilizar mortero de dosificación 1:3.

La consistencia debe ser blanda, para asegurar el relleno perfecto de los huecos, sin que se produzca segregación en los áridos.

Podrán disponerse costillas verticales enteras en toda su longitud a las que acomete lateralmente el bloque de hormigón hueco, abriéndole el lateral correspondiente; manteniéndose el aparejo.

Para evitar defectos de fisuración existe la posibilidad de armar horizontalmente la fábrica con armaduras de \varnothing 4-5 mm colocadas en los tendeles. Su área no será menor del 0,03% del área bruta de la sección de la fábrica y la separación vertical no será mayor de 60 cm.

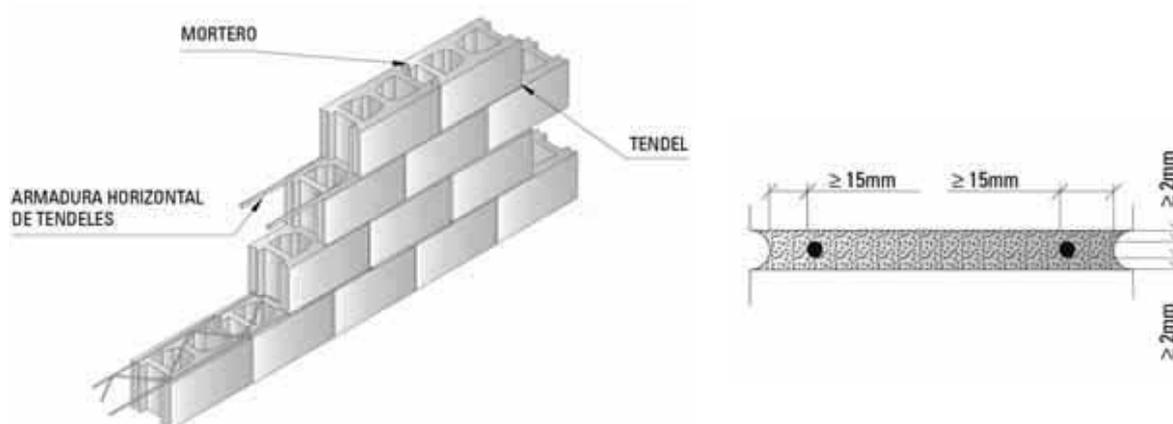


Ilustración 106. Armadura horizontal en tendeles.

Cuando las armaduras de acero estén incluidas en el mortero de los tendeles, cumplirán las siguientes condiciones:

- El espesor mínimo del recubrimiento de mortero desde la armadura hasta la cara de la fábrica será de 15 mm.
- El recubrimiento de mortero, sobre y bajo la armadura de tendel, no será menor que 2 mm, excepto para el mortero fino.
- La armadura se dispondrá de modo que el recubrimiento se mantenga.

5.1.1. APAREJOS

En la fábrica de bloques el solape entre piezas de hiladas consecutivas debe ser al menos igual a 0,4 veces el grueso (altura) de las piezas y no menor de 40 mm para poder considerar que el muro se comporta como un elemento estructural unitario.

En bloques huecos el aparejo más habitual, teniendo en cuenta la coincidencia vertical de tabiquillos para transmisión de esfuerzos y de alveolos para la posibilidad de armado, es el que muestra la cara mayor en el paramento.

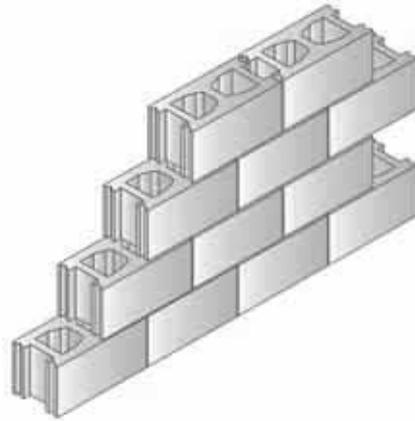


Ilustración 107. Aparejo común. Solape igual a la mitad de la longitud de las piezas.

En el resto de bloques (ciegos, ligeros, etc.) este aparejo suele ser también el más utilizado, aunque no necesite necesariamente un solape igual a la mitad de la longitud del bloque.

Otros aparejos en los que se muestra en fachada la cara menor o lateral entre ambas, se aprecian en las figuras siguientes:

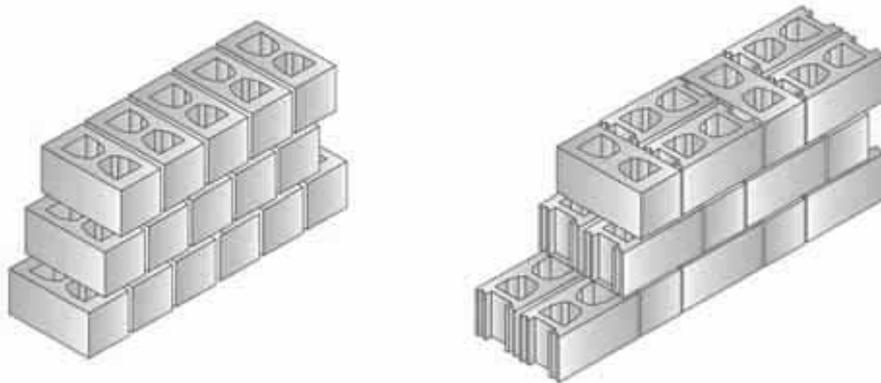


Ilustración 108. Ejemplos de aparejos en los que se muestra la cabeza del boque (testa).

5.1.2. UNIONES DE MUROS

Las uniones entre muros constituyen puntos singulares que es necesario resolver adecuadamente.

En general los muros, tanto con funciones de carga, como de arriostamiento, trabajarán juntos por lo que habrá que garantizar su traba en las zonas de unión.

Además debemos diferenciar entre fábricas sin reforzar y fábricas reforzadas. En general, salvo requerimientos diferentes según el cálculo, las fábricas se realizan sin reforzar en muros no resistentes o muros resistentes con pequeñas solicitaciones y riesgo sísmico bajo; y se deben reforzar en muros resistentes y zonas de riesgo sísmico alto, o en muros muy esbeltos.

Podemos considerar tres situaciones en las uniones de muros: esquinas, encuentros y cruces.

ESQUINAS

Se resuelven haciendo pertenecer alternativamente la zona común a cada uno de los muros como indica la figura:

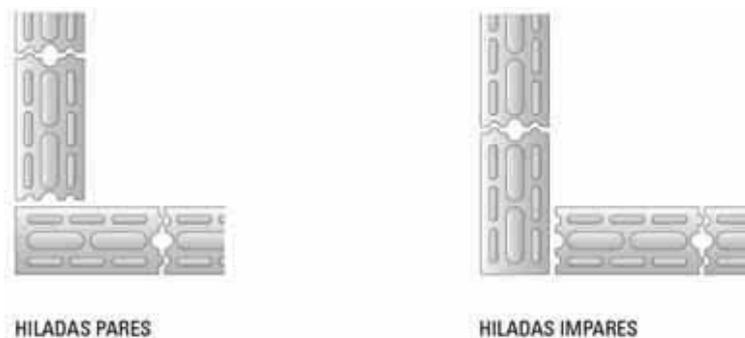


Ilustración 109. Esquina de muros de fábrica.

Cuando el espesor del muro es inferior a la mitad de la longitud del bloque se resuelve con piezas especiales de esquina:

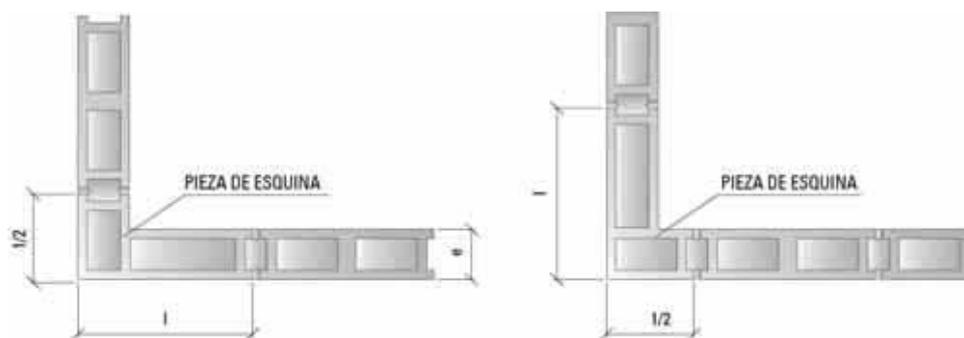


Ilustración 110. Esquina de muro de fábrica de espesor menor a la mitad de la longitud de la pieza. Uso de piezas especiales de esquina para mantener el aparejo.

En fábricas reforzadas de bloques de áridos ligeros, las uniones incorporarán horquillas de acero que se colocan en cada hilada trabando la unión.

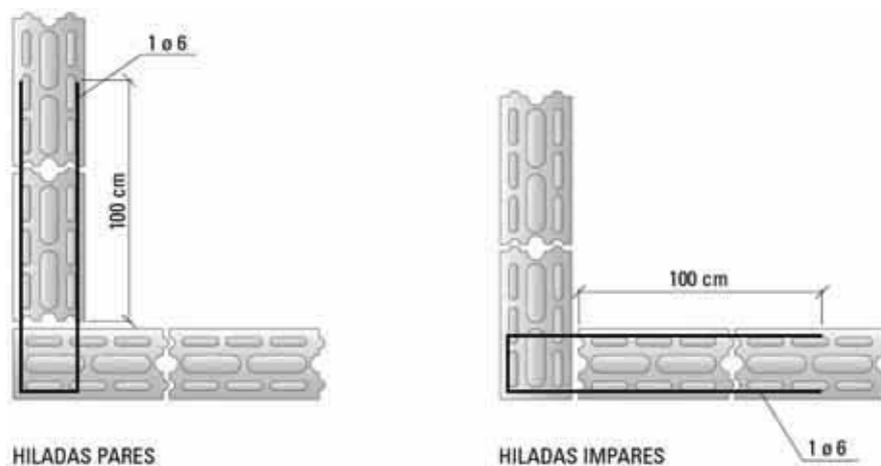


Ilustración 111. Refuerzo de esquinas en muros de fábrica no armada de bloques de árido ligero.

Si los muros se construyen con bloques huecos además de las horquillas el alveolo común se maciza con hormigón y se arma verticalmente, anclándose a la cimentación en su arranque.

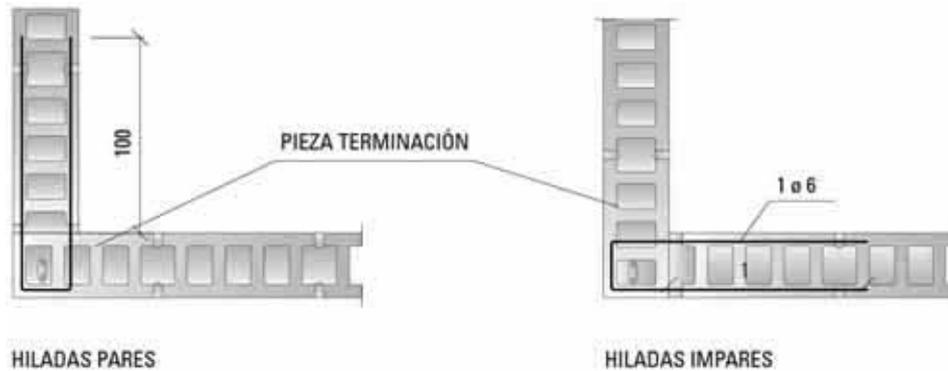


Ilustración 112. Refuerzo vertical y macizado en esquinas de muros de bloque hueco.

En las esquinas de los muros de fábrica armada por tendeles, donde se emplean armaduras prefabricadas de tendel a distancias regulares no mayores de 60 cm de altura, para controlar la fisuración, éstas se doblarán en esquina evitando cortar la armadura longitudinal exterior, y cortando en cambio la interior, que se doblará y solapará según la ilustración. Se cuidará en alternar la disposición del solape, entre las hiladas pares e impares.

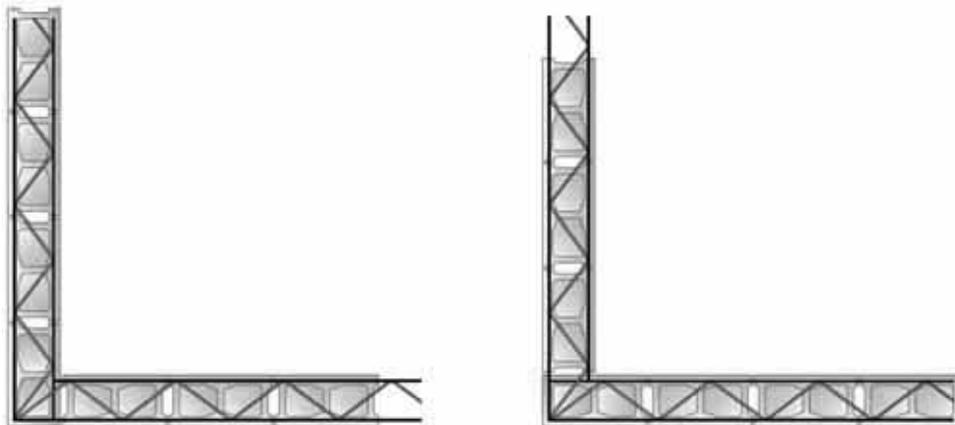


Ilustración 113. Esquina con continuidad en la armadura de tendel. Corte de la armadura longitudinal interior manteniendo sin cortar la armadura exterior.

ENCUENTROS

En los encuentros es necesario incorporar piezas cortadas, de la longitud variable necesaria, en una de las hiladas para mantener el aparejo y la coincidencia vertical de tabiquillos en bloques huecos.

La solución para fábricas no reforzadas de bloques de áridos ligeros es la siguiente:

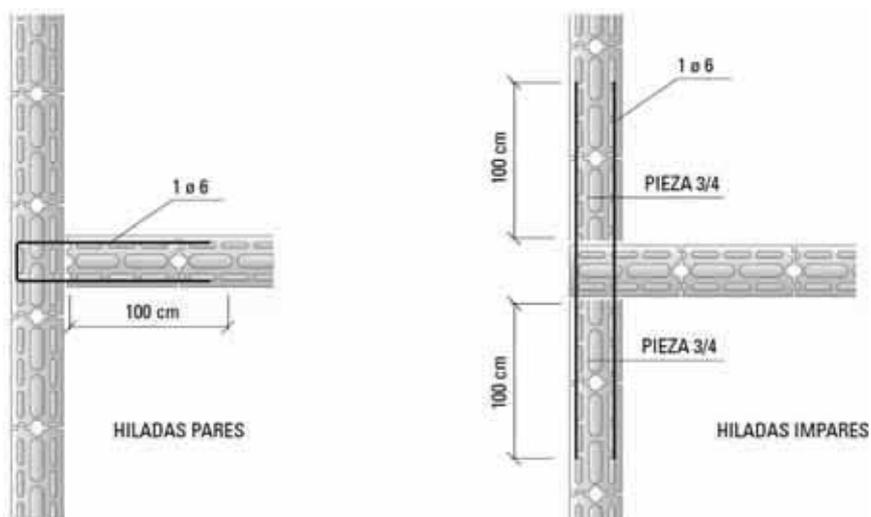


Ilustración 114. Encuentro de fábrica no armada de muros de bloque aligerado.

En fábricas reforzadas de bloques huecos los encuentros se complementan en cada hilada con horquillas y barras de acero, se macizan de hormigón y se arma verticalmente el alveolo común, anclando la armadura a la cimentación en su arranque.

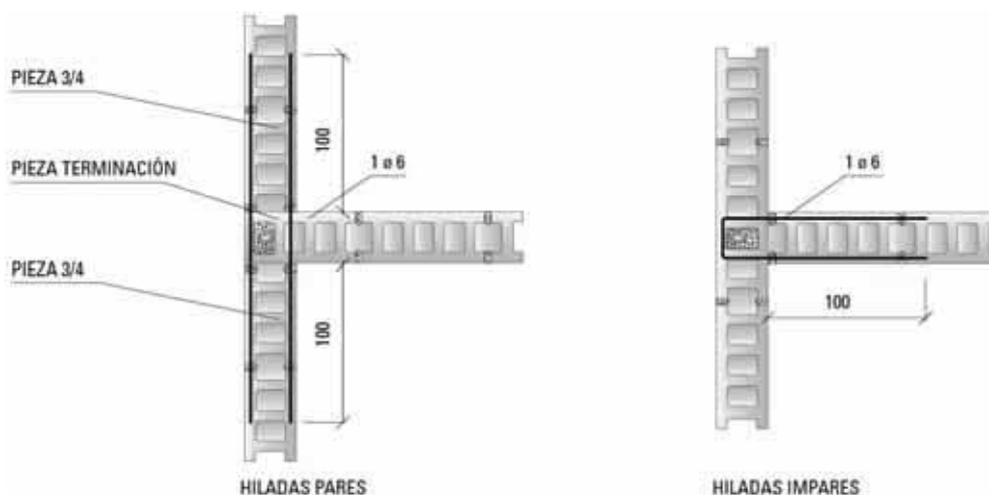


Ilustración 115. Refuerzo vertical y macizado en encuentro de muros de bloque hueco.

En fábricas cara vista, para impedir que el muro perpendicular a fachada rompa el aparejo de esta y teniendo en cuenta que muy probablemente sea de diferentes características, para evitar que aparezca en fachada se puede resolver el encuentro cortando las piezas del muro perpendicular a fachada, dejando pasar por delante la pared exterior del muro de fachada.

Otra solución de enlace rígido consiste en no trabar los muros, dejando pasante el de fachada que mantiene el aparejo, e interrumpiendo el transversal. La unión se resuelve mediante anclajes metálicos en forma de Z que se incorporan en los alvéolos, macizándolos de hormigón sobre una malla metálica para contener el relleno. Los anclajes deben colocarse a intervalos verticales no superiores a 80 cm.

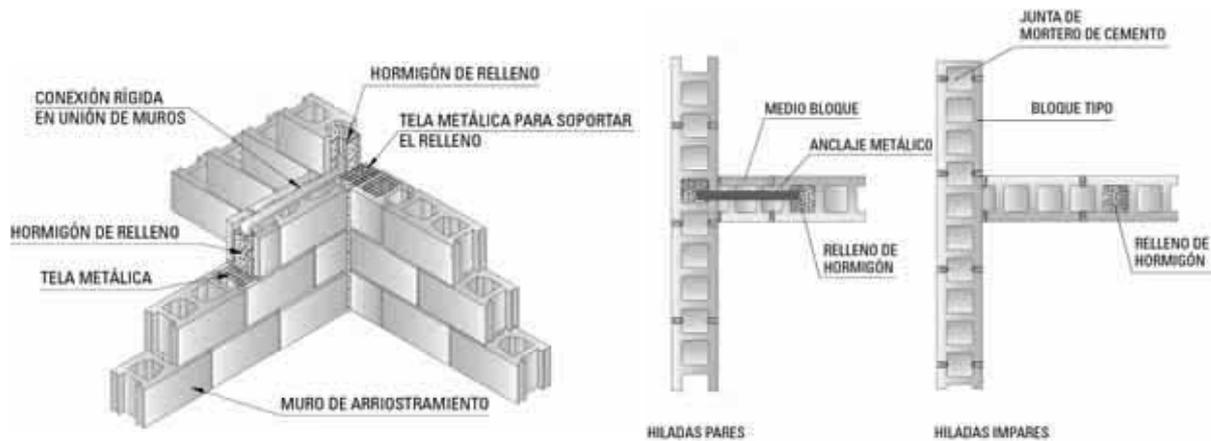


Ilustración 116. Solución de encuentro sin trabazón entre piezas. Introducción de anclaje en Z y macizado de alveolos.

Como alternativa a la anterior, se puede optar por macizar y armar los alveolos contiguos en toda su altura, incorporando horquillas de acero en todas las hiladas.

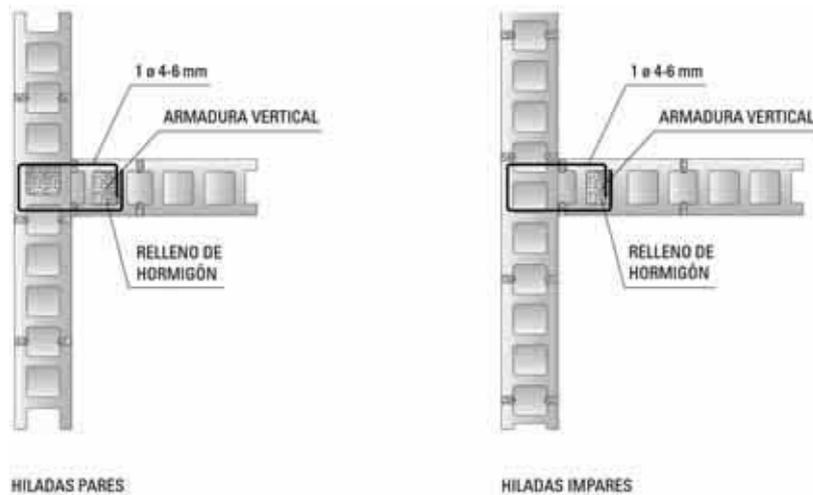


Ilustración 117. Solución de encuentro sin trabazón entre piezas. Macizado de alveolos e introducción de horquillas.

Cuando el encuentro se produce con particiones interiores, en las que el espesor suele ser bastante menor, la unión se puede resolver incorporando una malla metálica de sección suficiente en todas las hiladas como muestra la ilustración:

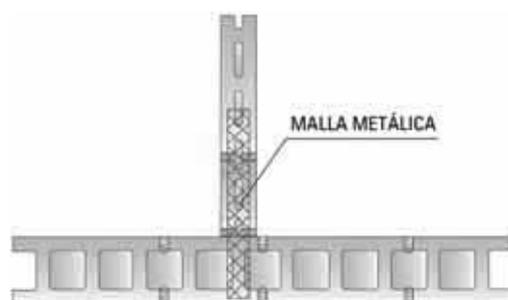


Ilustración 118. Encuentro entre muro y tabique de menor espesor.

En los encuentros de los muros de fábrica armada por tendeles, donde se emplean armaduras prefabricadas de tendel a distancias regulares no mayores de 60 cm de altura, éstas se doblarán en

esquina evitando cortar la armadura longitudinal exterior, y cortando en cambio la interior, que se doblará y solapará según la ilustración. Se cuidará en alternar la disposición alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda, de la armadura de tendel doblada en "L" en el encuentro. También se añadirá una armadura de tendel continua en el muro pasante, y entre los tendeles intermedios a los anteriores.

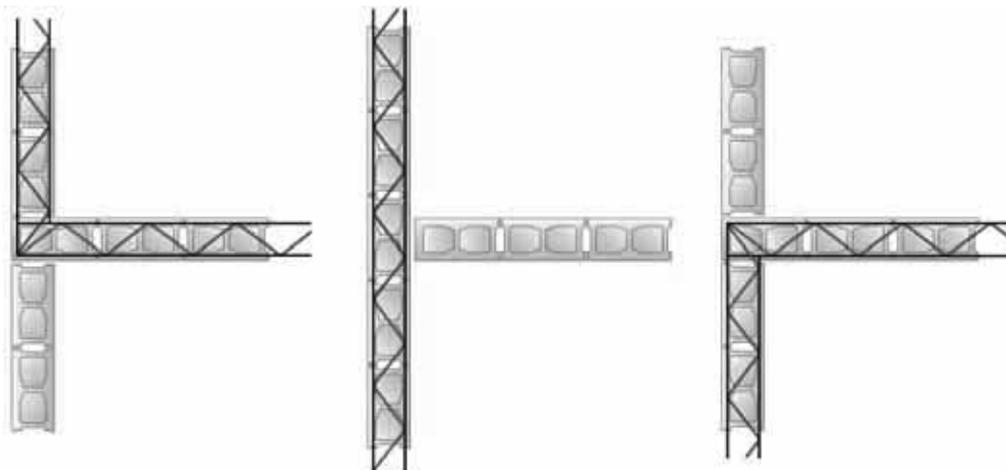


Ilustración 119. Encuentro de muros de fábrica armada. Disposición de la armadura de tendel en hiladas alternas.

CRUCES

En los cruces aparecen piezas de longitud en las dos hiladas para mantener el aparejo y con la coincidencia vertical de tabiquillos en fábricas de bloques huecos.

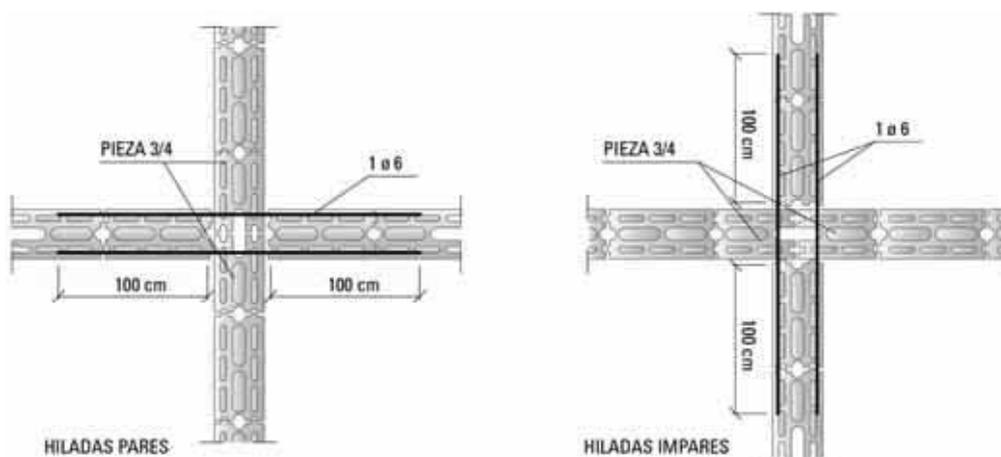


Ilustración 120. Cruce de fábrica no armada de muros de bloque aligerado.

La solución para fábricas reforzadas de bloques de áridos ligeros incorpora en cada hilada barras de acero de $\varnothing 6$ mm trabando la unión. Una solución para cruces de fábricas no reforzadas de bloques huecos es la siguiente:

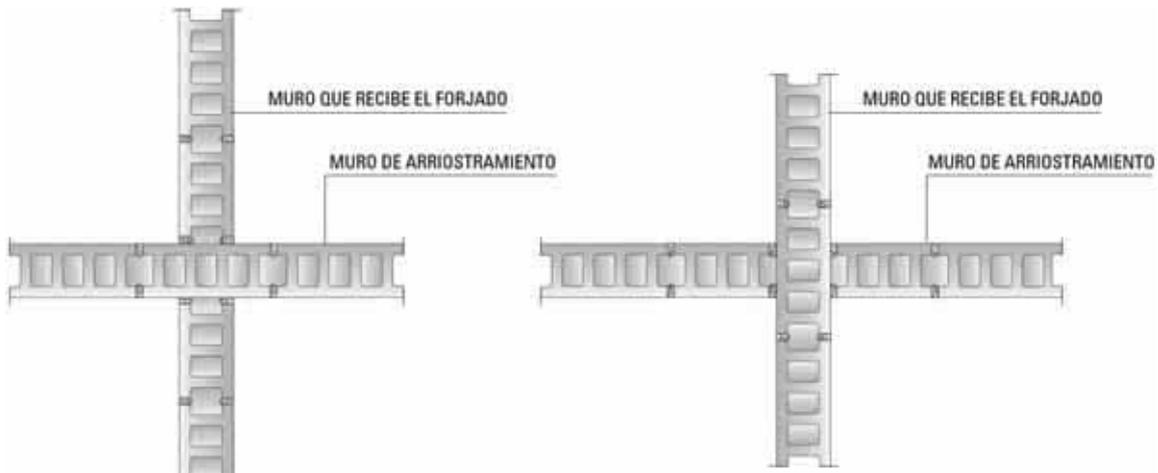


Ilustración 121. Cruce de fábrica no armada de muros de bloque hueco.

En los cruces de los muros de fábrica armada por tendeles, donde se emplean armaduras prefabricadas de tendel a distancias regulares no mayores de 60 cm de altura, éstas se dispondrán de forma continua alternativamente, en cada uno de los muros del cruce en hiladas pares e impares.

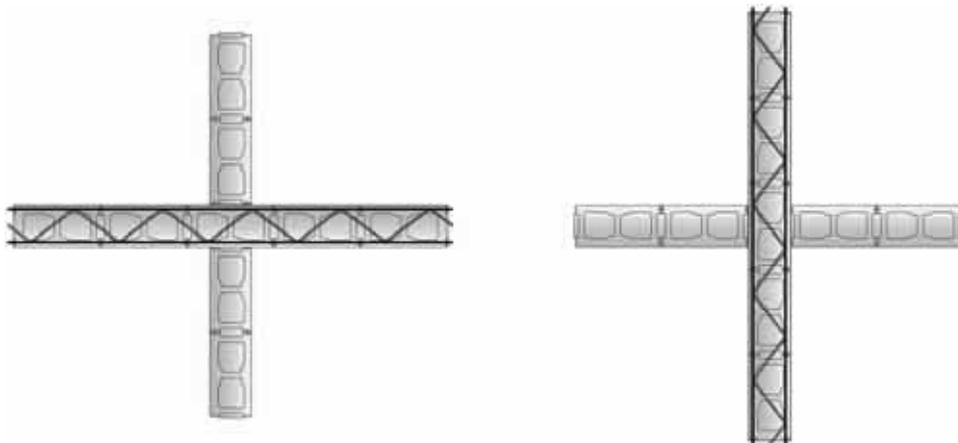


Ilustración 122. Cruce de muros de fábrica armada.

PILASTRAS

Las pilastras se resuelven utilizando piezas con las caras laterales lisas trabadas con el muro como indica la ilustración.

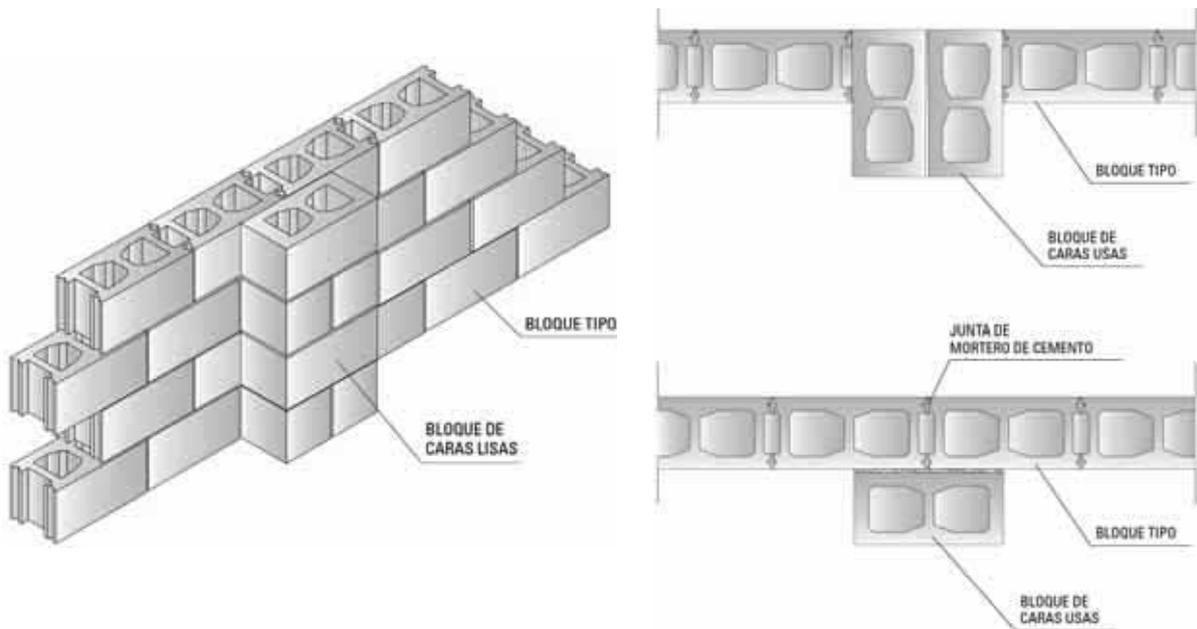


Ilustración 123. Pilastra con bloque de cabezas lisas.

En la cara opuesta a la pilastra se rompe el aparejo apareciendo una junta vertical continua.

Se puede mejorar el comportamiento de la pilastra rellenando los 4 alvéolos con hormigón en masa y/o con armaduras verticales.

Un mayor refuerzo se puede conseguir incorporando pilares de hormigón armado en la fábrica, mediante la utilización de piezas de pilastra sencilla y de enlace, con las que se consigue la traba y mantiene el aparejo. Además se pueden incorporar barras y horquillas de acero en las juntas.

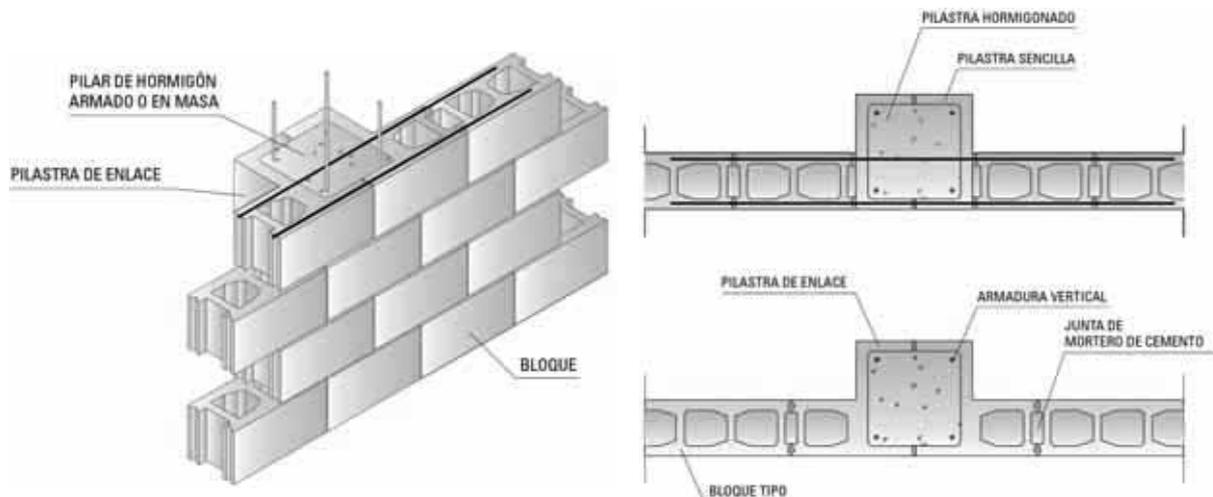


Ilustración 124. Pilastra con piezas especiales. Introducción de armaduras y formación de pilar.

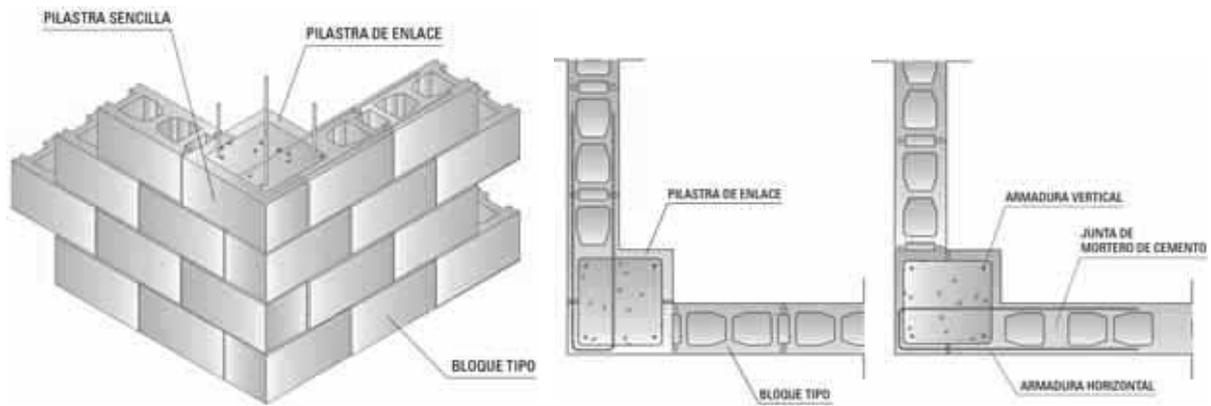


Ilustración 125. Pilastra en esquina con piezas especiales.

5.1.3. ARRANQUE EN CIMENTACIÓN

En los muros de fábrica se suele realizar la cimentación con zapatas corridas cuando el estrato de terreno adecuado se sitúa a poca profundidad. Las zapatas deben ser horizontales y continuas pasando por debajo de los huecos, quedando enlazadas las cimentaciones de la forma más eficaz posible.

La cimentación será suficientemente rígida para garantizar la limitación de asentamientos previstos en la normativa vigente.

La solución más apropiada es no enterrar los bloques para apoyarlos sobre el cemento, sino realizar un zócalo que sobresalga del nivel del terreno una longitud no inferior a 30 cm.

Cuando se decida apoyar el muro de fábrica de bloques sobre la cimentación, deberán tomarse las precauciones necesarias incorporando barreras impermeables en la sección del muro para evitar la ascensión de agua por capilaridad, así como proteger la cara exterior del muro contra el terreno, realizando un drenaje cuando la profundidad y condiciones del terreno lo aconsejen.

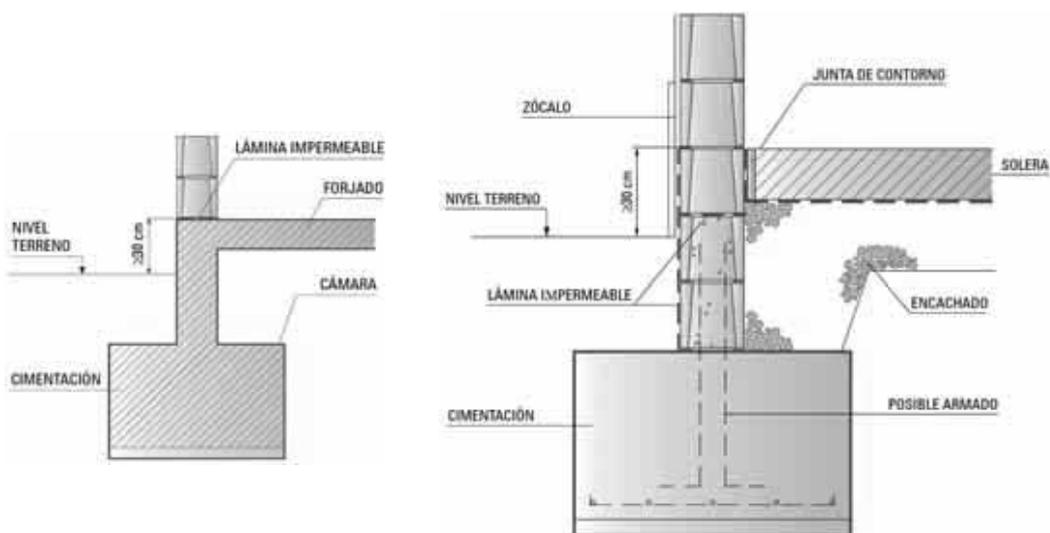


Ilustración 126. Arranque de muro en cimentación.

A [izquierda]: Arranque de la fábrica sobre zócalo.

B [derecha]: Arranque directo de la fábrica sobre cimentación.

Las barreras impermeables horizontales en los muros deben permitir la transmisión de cargas verticales y horizontales sin causar daños. El efecto de deslizamiento en la barrera impermeable bajo acciones horizontales debe ser tenido en cuenta en el cálculo. Los materiales que pueden rebosar del muro por aplastamiento no son recomendables.

Para evitar el agrietamiento por efecto del descenso o flecha excesiva de la base de apoyo, se recomienda que los muros de fábrica armada, arranquen siempre con armaduras de tendel en las dos primeras hiladas.

Se aconseja rellenar de hormigón los bloques enterrados o incluso armarlos verticalmente cuando los empujes horizontales lo exijan.

5.1.4. APOYO DE FORJADOS

Los forjados deben tener canto suficiente para evitar deformaciones y giros excesivos en los apoyos, así como una adecuada rigidez en su plano para poder transmitir las acciones horizontales a los elementos estructurales colocados para soportar estos esfuerzos. Además incorporarán las armaduras de reparto y de negativos necesarias.

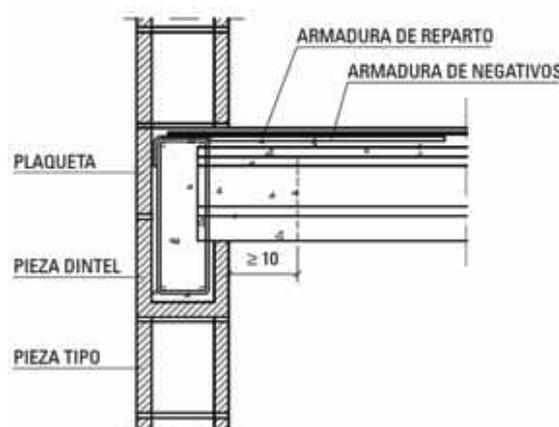


Ilustración 127. Apoyo de forjado sobre zuncho o cadena de hormigón armado.

El apoyo de los forjados en los muros de fábrica de bloques se realizará mediante zunchos o cadenas de hormigón armado, con dimensión suficiente para cumplir las funciones de atado y reparto de cargas verticales.

El forjado deberá colocarse sobre el muro cuando haya transcurrido el tiempo necesario para garantizar que las juntas estén suficientemente endurecidas.

Los apoyos sobre un muro extremo o un muro central se pueden realizar por cualquiera de los sistemas de enlace por entrega, enlace por solape o enlace por introducción de la armadura saliente.

Para evitar que el hormigón penetre por las perforaciones de los bloques se pueden utilizar piezas especiales de dintel, colocadas como canal o invertidas (incluso también posible bloques macizos), o bien bloque estándar con telas metálicas suficientemente tupidas en los tendeles.

Para apoyo extremo y fábrica vista, la solución más aceptable se puede configurar con una pieza de dintel en forma de canal cortando el tabiquillo interior (forjado de espesor >20 cm) manteniendo el

enrase de la cara superior del forjado con un tendel. El resto del canto de forjado se debe chapar con una pieza de plaqueta, colocada previamente para que quede recibida al hormigonar. Una solución alternativa se puede realizar utilizando una pieza tipo cortada, en vez de una pieza dintel y malla metálica en el tendel inferior.

En el muro central se puede utilizar la misma solución que en el muro extremo, con pieza dintel en forma de canal cortando los dos tabiques, o bien invertir la pieza obteniendo una cadena con menor canto.

En cualquier caso es recomendable que el canto de la cadena sea, como mínimo, 5 cm mayor que el canto del forjado para permitir el enlace correcto de las viguetas.

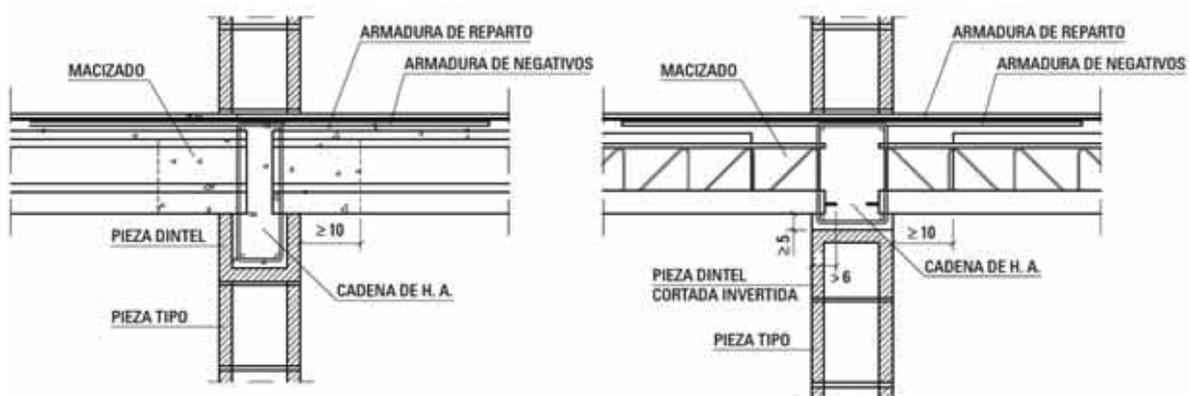


Ilustración 128. Apoyo de forjados en muro intermedio.

En muros de arriostramiento, al no tener el problema anterior el canto de la cadena puede ser el mismo que el del forjado, debiendo colocar una vigueta a cada lado del mismo para conseguir un apoyo correcto de los elementos aligerantes del forjado.

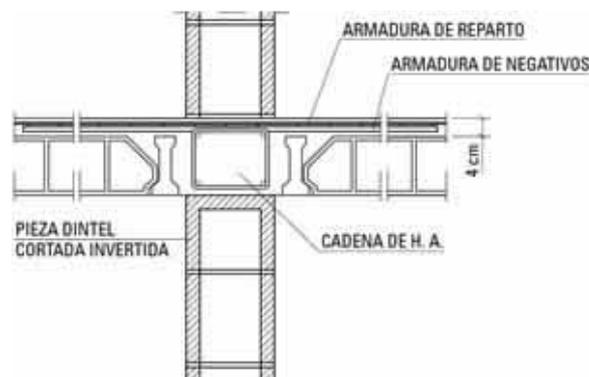


Ilustración 129. Apoyo de forjado en muro de arriostramiento.

5.1.5. CONFIGURACIÓN DE HUECOS

DINTEL

Los dinteles se resuelven con piezas especiales de dintel, que pueden llevar incorporado un goterón. Estas piezas sirven de encofrado; en la pieza se colocan las armaduras y se maciza de hormigón,

formando así una viga armada que salva la luz y descansa por lo menos 20 cm sobre las jambas del hueco.

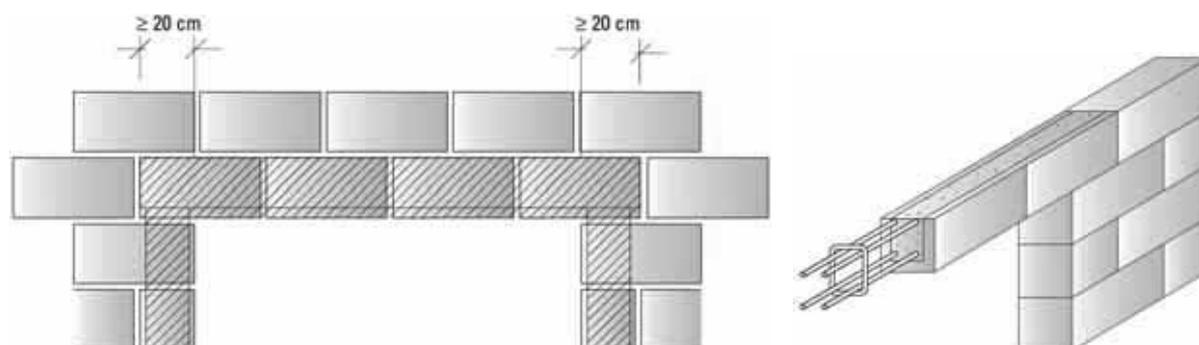


Ilustración 130. Formación de dintel con piezas especiales para la introducción de armadura y su hormigonado.

Los dinteles se pueden colocar con sopandas y puntales sobre la misma fábrica o pueden prefabricarse a pie de obra, colocándolos después como elementos completos.

Se puede aumentar el canto del dintel en el caso de necesitarlo, superponiendo piezas del tipo zuncho sobre las piezas dintel (o dos hiladas de piezas de dintel). Entre ellas se dispondrán estribos que actuarán como armadura transversal y como conectores.

Los dinteles colocados de esta forma se adaptan perfectamente al juego de llagas y tendeles del resto de la fábrica. Otra alternativa consiste en utilizar piezas de dintel que alcanzan dos hiladas de altura y una longitud igual a la mitad de la pieza tipo.

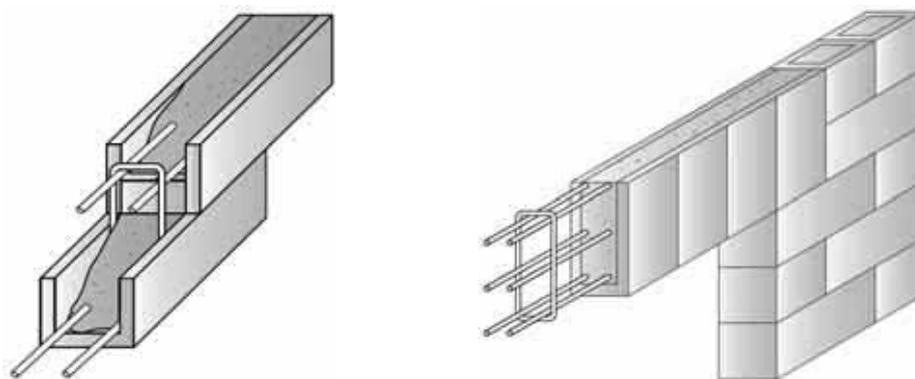


Ilustración 131. Formación de dintel doble mediante dos hiladas de piezas especiales [izquierda] o mediante piezas especiales de doble altura [derecha].

Con esta solución el dintel rompe la organización de hiladas y el aparejo de las mismas apareciendo como un elemento diferenciado del resto.

Podrán también realizarse dinteles de fábrica armada empleando las armaduras de tendel que requiera el cálculo, según las Tablas del "Manual Murfor: La fábrica armada", y siguiendo los consejos de colocación de dicho Manual.

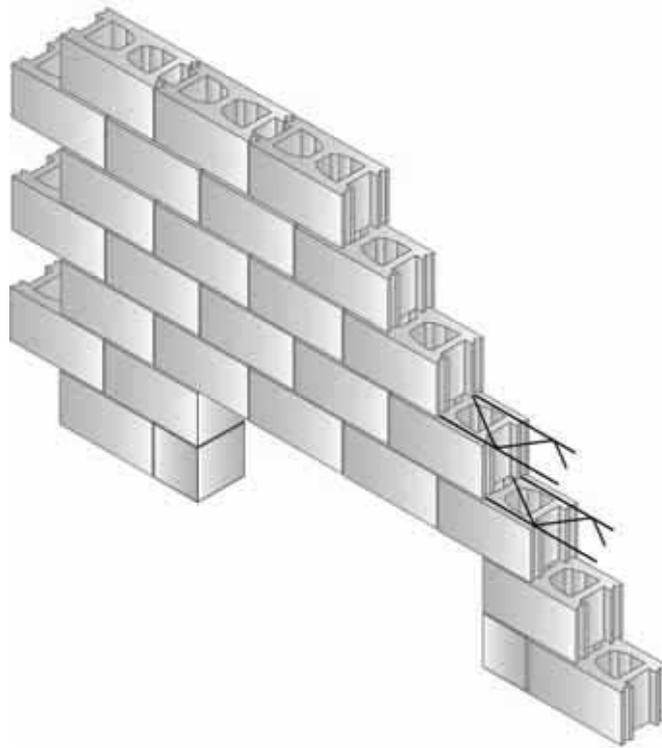


Ilustración 132. Formación de dintel mediante armadura de tendel (según cálculo).

JAMBAS

Las jambas se configurarán con piezas enteras y medias de terminación, como si se tratara de un comienzo de muro, constituyendo puntos intermedios de replanteo respecto del total del muro.

Cuando las cargas transmitidas a los apoyos lo requieran, se macizarán los alveolos de los bloques en la zona donde descansa la entrega del dintel.

En caso de no ser suficiente lo anterior, podrían llegar a armarse los alveolos de manera idéntica a lo indicado en muros.

ANTEPECHO Y ALFEIZAR

Las zonas del muro, inmediatamente inferiores a las jambas y el antepecho, suelen ser zonas con distintas concentraciones de carga, por lo que es conveniente reforzar la fábrica con armaduras de tendel prefabricadas formadas por 2 \varnothing 4-6 mm en el tendel inferior a la hilada que corona el antepecho. Estas armaduras colaboran para que trabaje toda la fábrica conjuntamente distribuyendo las tensiones localizadas que pudieran aparecer.

Las armaduras deben prolongarse a ambos lados de la jamba una dimensión no menor que la cuarta parte de la longitud del hueco y su longitud total nunca debe ser menor de 70 cm.

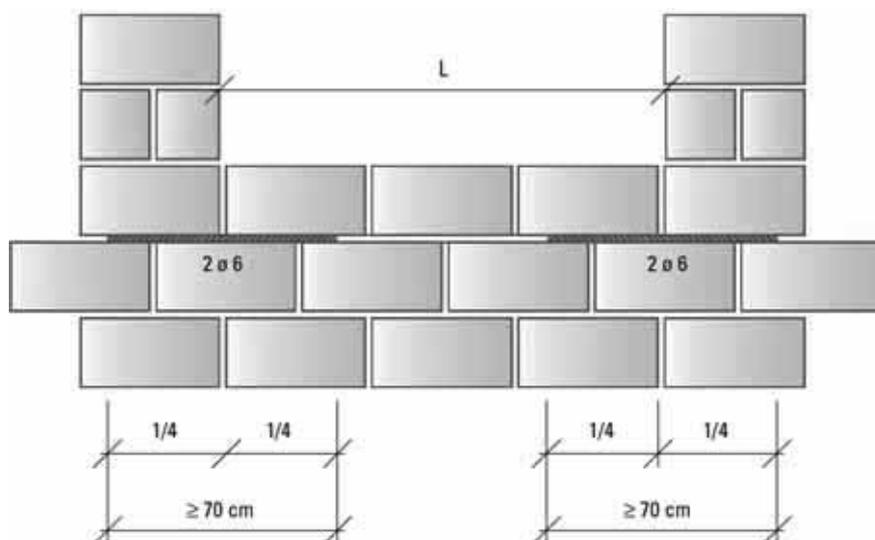


Ilustración 133. Refuerzo bajo jambas con armadura de tendel.

El alfeizar se puede realizar de diversos materiales (hormigón, piedra, metal, etc.). Su unión con las jambas y el cerco de la carpintería es muy importante para garantizar la estanqueidad de dichos puntos. Se considera necesario adoptar como mínimo las siguientes medidas:

- Tendrá una pendiente superior al 10% penetrando en las jambas al menos 4 cm. No se considera recomendable la junta a tope en dichos puntos.
- Se recomienda colocar debajo una membrana impermeable que se introduzca en las jambas y bajo el cerco de la carpintería (en ocasiones puede ser suficiente con que el mortero de configuración de pendiente y recibido sea impermeable).
- Deberá quedar solapado por el cerco de la carpintería; la cual deberá incorporar vierteaguas para alejar el agua.
- El vuelo del vierteaguas del alfeizar será de al menos 3 cm y dispondrá de goterón.

ENCUENTRO CON CARPINTERÍA

La carpintería es uno de los elementos más delicados del muro o cerramiento de bloques, ya que debe resolver problemas de filtración de aire, agua, agua-viento, aislamiento térmico, acústico, etc. Los materiales que la forman tienen un comportamiento distinto al resto por lo que habrá que garantizar el cumplimiento de todas las funciones exigidas a la vez que la compatibilidad de movimientos entre la carpintería y la fábrica.

La gran variedad de materiales que pueden constituir la carpintería (madera, acero, aluminio, plástico, etc.) así como los distintos lugares de colocación (haces exteriores, interiores o en la zona intermedia), ofrecen un abanico de posibilidades que exceden el contenido de este manual, remitiéndonos al cumplimiento de la normativa en vigor, tanto para los distintos tipos de carpintería como para su colocación en obra.

5.1.6. JUNTAS DE MOVIMIENTO

Existen una serie de factores que justifican la necesidad de incorporar juntas de movimiento en las fábricas de bloques de hormigón, como son:

- La retracción se produce durante los primeros días después de la fabricación de las piezas de hormigón, por lo que es muy recomendable que queden depositadas en fábrica en las debidas condiciones de humedad y temperatura durante el periodo en que se desarrolla este fenómeno. (Se estima un tiempo entre 15 y 30 días).
- La rigidez y retracción de los morteros actuales de cemento, muy resistentes y poco dúctiles, por lo que es recomendable mezclarlos con cal (mortero bastardo o mixto) lo que los hace más trabajables, más elásticos y con menor retracción. Al mismo tiempo ofrecen mayor flexibilidad a la fábrica terminada.
- Las variaciones dimensionales de origen térmico, como dilatación con el aumento de temperatura y contracción con la disminución de esta, que están directamente relacionadas con las condiciones de exposición de la fachada. Considerando un salto térmico entre 30 y 70°C según las distintas zonas climáticas y las distintas orientaciones de fachada, podemos considerar una variación dimensional entre 0,18 y 0,84 mm/m.
- La deformabilidad de los elementos estructurales. Es necesario resaltar que para fábricas muy rígidas como las de bloques de hormigón en determinadas circunstancias, las flechas de 1/500 de la luz pueden ser excesivas.

Para limitar la incidencia de todos estos factores en el comportamiento de la fábrica es necesario prever juntas de movimiento, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La distancia horizontal entre juntas verticales no debe sobrepasar los 8 m pudiendo aumentarse entre un 50% y un 100% en fábricas armadas en función de la separación entre las armaduras.
- Además de fragmentar los paños largos a las distancias indicadas se dispondrán juntas en los siguientes lugares:
 - En las esquinas, si las longitudes de los paños que la forman superan los 8 m.
 - En paños de más de 8 m de longitud en que se producen pequeños quiebros de menos de 1 m de longitud.

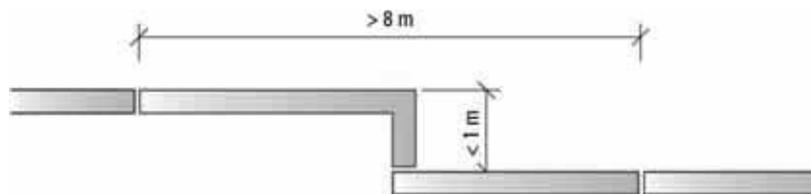


Ilustración 134. Situación de las juntas de movimiento en planta.

- En los cambios de altura del edificio y en prolongación de ventanas verticales muy alargadas.

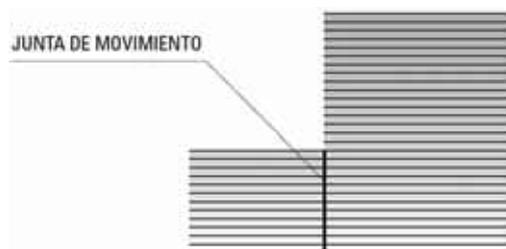


Ilustración 135. Situación de las juntas de movimiento en alzado.

- En los lugares donde se produce un cambio en el espesor de los muros.

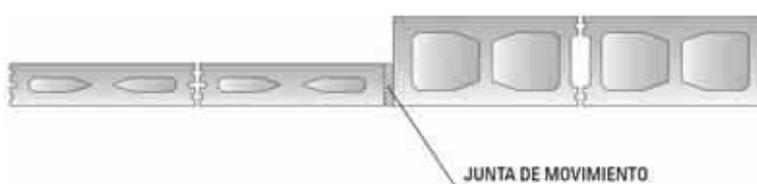


Ilustración 136. Junta de movimiento en cambio de sección de muro.

- El ancho de la junta dependerá del movimiento previsto y del tipo de sellante, que deberá tener una capacidad de comprimir y recuperar su estado inicial de entre el 25% y el 50% de su espesor inicial. Teniendo en cuenta esto así como las separaciones de juntas indicadas, el ancho de las mismas, en general, deberá estar comprendido entre los 2 y 3 cm.

- Desde el punto de vista de la estabilidad del muro, la junta genera una interrupción en la traba lo que puede favorecer el movimiento de la fábrica en sentido perpendicular a su paramento frente a acciones horizontales (viento,...). En este sentido es interesante incorporar llaves que permitan el movimiento en sentido longitudinal y traben en fábricas en sentido transversal (llaves con funda deslizante por ejemplo).

- Desde el punto de vista resistente, la junta supone una interrupción, como si se tratase de dos muros independientes situados en prolongación. Desde este punto de vista es interesante también incorporar llaves que permitan el movimiento en sentido longitudinal y garanticen la continuidad de esfuerzos entre las dos partes del muro.

El material metálico utilizado en las llaves debe ser resistente a la corrosión o estar adecuadamente protegido contra ella.

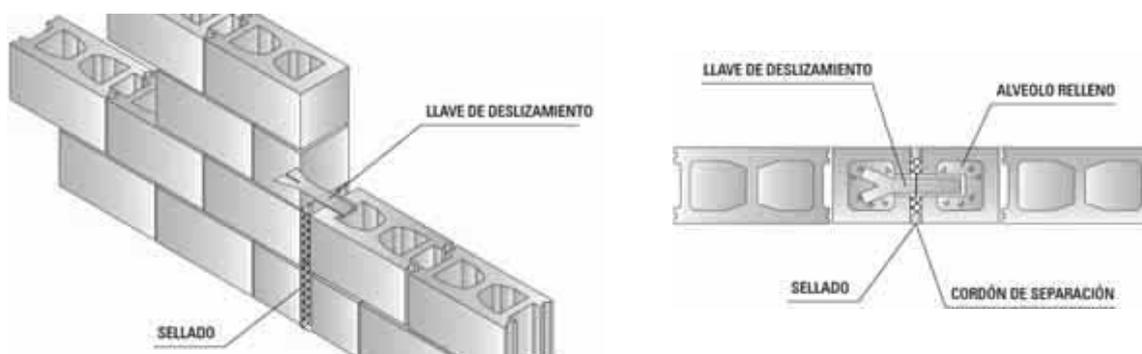


Ilustración 137. Junta de movimiento con llaves deslizantes.

Los mismos efectos anteriores se pueden conseguir aprovechando los entrantes de las caras laterales del bloque para construir una junta que permita los movimientos longitudinales de la fábrica y la traba en sentido transversal, incorporando un papel resistente para evitar la adherencia y rellenando de mortero contra un material compresible del mismo espesor que la junta exterior.

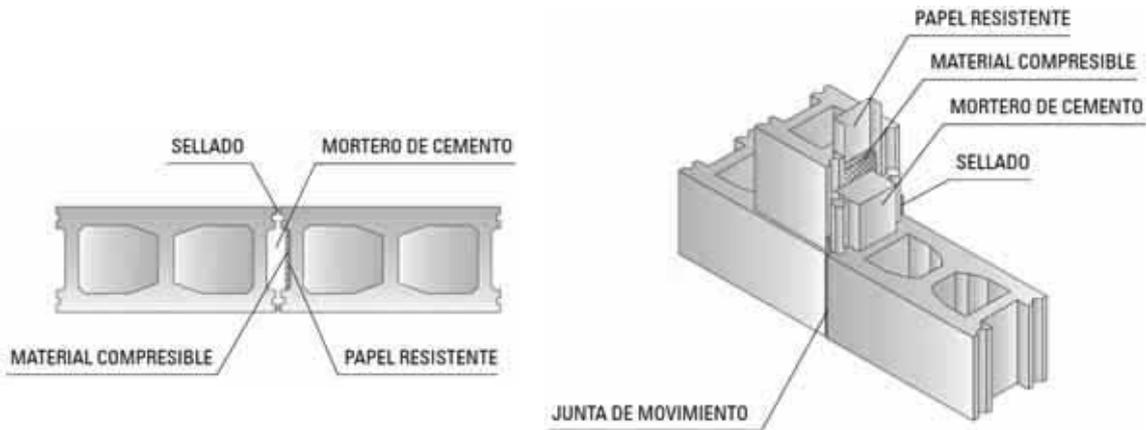


Ilustración 138. Junta de movimiento machihembrada.

También pueden emplearse bloques especiales con salientes en la cara lateral, que encajan con la cara lateral de bloques tipo. Del mismo modo muchos fabricantes producen sus bloques de remate y de cabeza/s lisa/s con un canal para alojar juntas prefabricadas.

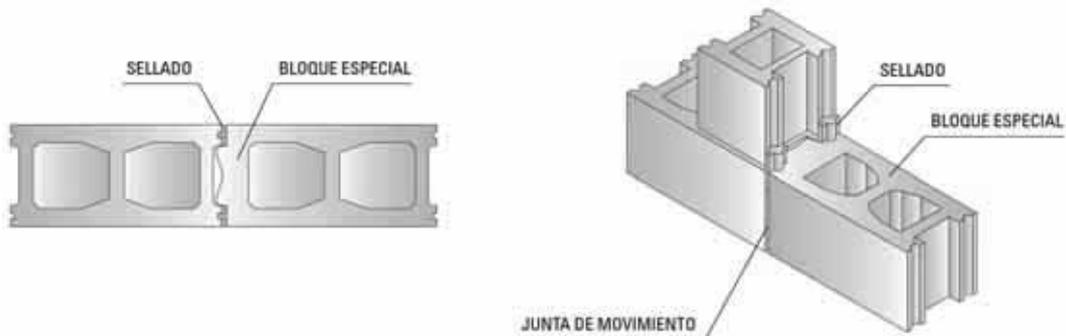


Ilustración 139. Junta de movimiento machihembrada con bloques especiales.

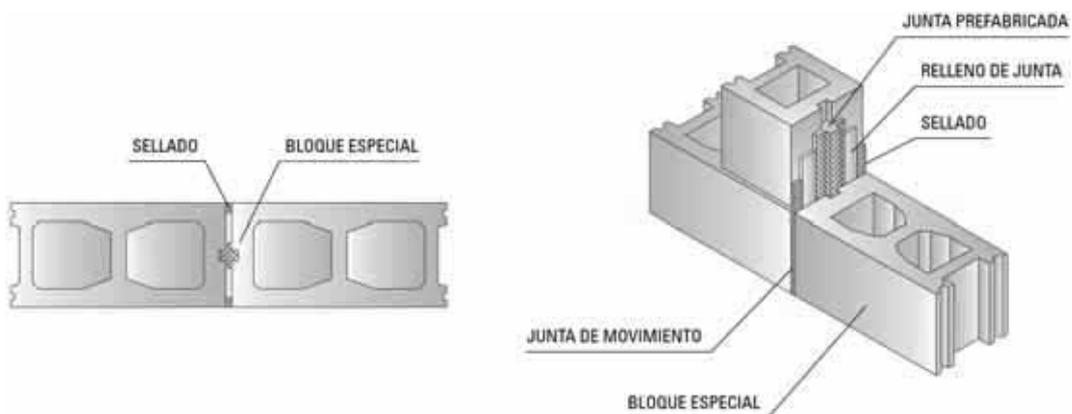
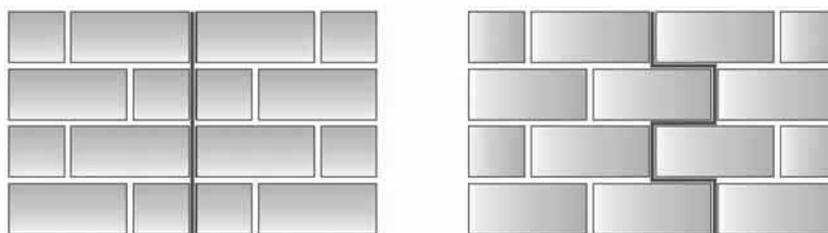


Ilustración 140. Junta de movimiento con bloques de cabeza lisa canaladas.

- Las juntas de movimiento se pueden ejecutar rectas o endentadas adaptándose al aparejo del muro.



- Juntas de movimiento con fábrica armada. Cuando los muros que se construyan sean de fábrica armada, es decir, que se trate de muros armados regularmente por tendeles cada 60 cm de altura, con una cuantía mínima de acero del 0,03% de la sección de la fábrica, con ella se controla la fisuración de la albañilería y es posible aumentar la separación de juntas verticales de movimiento, hasta el doble de las distancias habituales.

A la hora de realizar juntas de movimiento en muros de fábrica armada, es posible emplear las propias armaduras de tendel como llaves de deslizamiento, para dar continuidad a los esfuerzos perpendiculares al muro (el viento) entre ambos paños de fábrica armada, a los dos lados de la junta. Para ello, se envolverán en fundas con "pajitas", los alambres de las armaduras de tendel sobrepasando al otro lado de la junta unos 25 cm, para que no se adhieran al mortero del paño colindante.

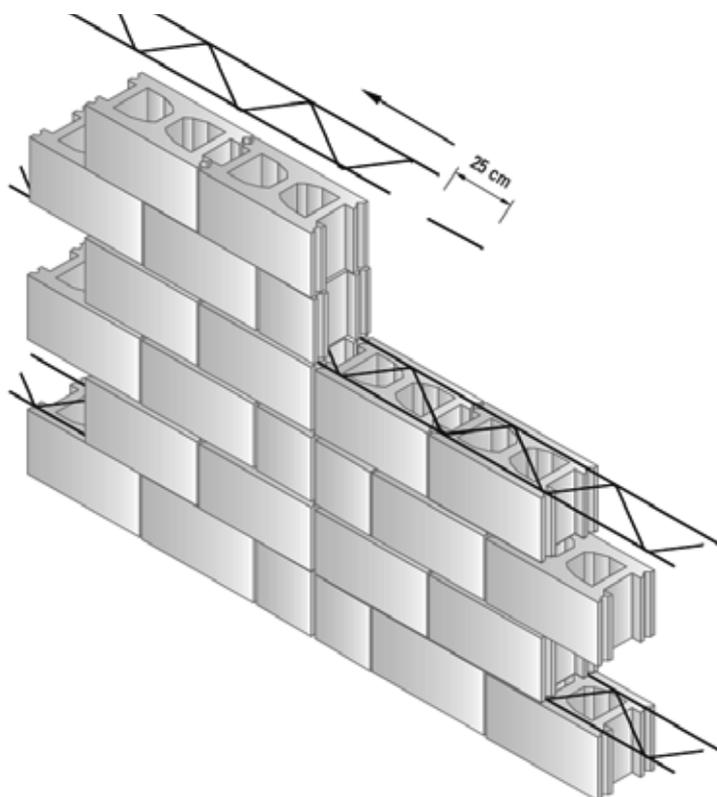


Ilustración 142. Junta de movimiento con armadura de tendel deslizante.

- Empleando muros de fábrica armada por tendeles es posible disminuir la cantidad de juntas de movimiento a disponer en la fábrica en muchos de los casos antes descritos.

RELLENO Y SELLADO DE JUNTAS DE MOVIMIENTO

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

1.- Se deben especificar los rellenos y sellantes de juntas teniendo en cuenta el comportamiento exigido al muro, a los materiales de fábrica y el rango previsto de movimiento, que tienen que ser necesariamente elásticos.

En general las siliconas neutras ofrecen un mejor comportamiento en cuanto a la adherencia y elasticidad frente al paso del tiempo.

2.- La distancia del relleno de junta, desde la cara de la junta, debe permitir la profundidad correcta del sellante a emplear. En general no se recomiendan profundidades menores de 10 mm.

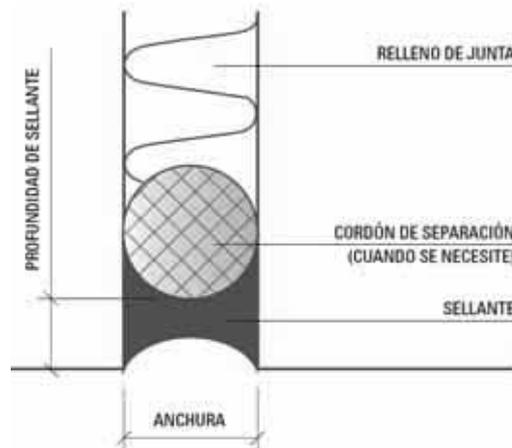


Ilustración 143. Relleno y sellado de junta de movimiento.

3.- Se debe utilizar un cordón (por ej. espuma de polímeros expandidos) o un agente de separación cuando sea necesario evitar que el sellante se adhiera al relleno o que existan problemas de incompatibilidad entre el relleno y el sellante de la junta.

4.- Las caras de la junta a las que se aplicará el sellante deben estar limpias y libres de materias sueltas. Deben estar también secas, salvo indicación contraria.

5.- La aplicación de una imprimación y del sellante deben estar de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

6.- Se debe aplicar el sellante a la totalidad de la profundidad especificada, evitando burbujas.

7.- El sellante debe quedar adherido a cada lado de la junta.

5.1.7. BARRERAS ANTIHUMEDAD

Las barreras antihumedad deben formar una barrera ante el paso del agua, en aquellos lugares del edificio en que exista riesgo de penetración.

Uno de los sitios más importantes lo constituye la zona de los muros en contacto con el terreno. Deben colocarse láminas impermeables horizontales para impedir la ascensión de agua por capilaridad y verticales en muros enterrados, de acuerdo con las indicaciones del punto 5.1.3. Arranque en cimentación, pág. 100.

En muros exteriores con cámara, es recomendable colocar barreras antihumedad sobre la cara superior del forjado, con pendiente hacia el exterior, e interrumpir el mortero en la parte inferior de la llaga para evacuar el agua que pueda entrar en la cámara. Las barreras antihumedad horizontales en los muros deben permitir la transmisión de cargas verticales y horizontales sin sufrir ni causar daños, y tendrán suficiente resistencia superficial de rozamiento para evitar el movimiento de la fábrica que descansa sobre ellas.

Los materiales que pueden rebosar del muro por aplastamiento no son recomendables.

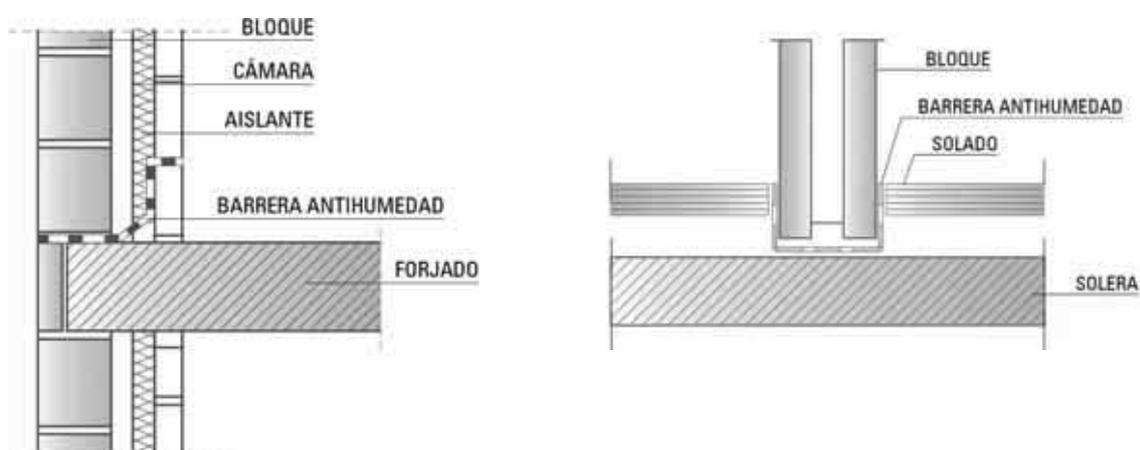


Ilustración 144. Barrera antihumedad en cerramiento. Ilustración 145. Barrera antihumedad bajo partición interior.

En distribuciones interiores, cuando apoyan sobre soleras en contacto con el terreno, para evitar la posible ascensión de humedades por capilaridad, es aconsejable colocar una lámina de polietileno en el arranque, que doblándola verticalmente quede recogida por el pavimento.

5.1.8. ARRIOSTRAMIENTOS

Los ejes de los muros de carga, para asegurar su estabilidad, deben formar una retícula ortogonal con otros muros perpendiculares (muros de arriostramiento), colocados al menos en sus extremos y si es necesario en puntos intermedios.

Según la antigua Norma Tecnológica de la Edificación "Estructuras. Fábrica de Bloques" (NTE-EFB), la separación entre ejes de muros de arriostramiento no excederá de la distancia, en metros, dada por la siguiente tabla; siempre que la luz libre entre forjados no exceda de 3 m.

| Nº plantas edificio | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|----|---|---|---|
| Separación máxima entre muros de arriostramiento | 10 | 8 | 7 | 6 |

Tabla 8. Recomendación de separaciones entre muros de arriostramiento en función de la altura del edificio, según antigua NTE-EFB.

El espesor de los muros de arriostramiento, será el que se obtenga por razones resistentes, constructivas o de aislamiento, con un mínimo de 19 cm.

5.1.9. ROZAS Y REBAJOS

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.- Las rozas y rebajos no afectarán a la estabilidad del muro.
- 2.- No se realizarán rozas y rebajos cuando su profundidad sea mayor que la mitad del espesor de la pared de las piezas, a menos que se compruebe por cálculo la resistencia del muro.
- 3.- Las rozas y rebajos no atravesarán dinteles u otros elementos estructurales construidos en el muro ni se realizarán en elementos de fábrica armada, a menos que lo autorice de modo explícito el proyectista.
- 4.- En muros capuchinos, la especificación para rozas y rebajos de cada hoja se hará separadamente.
- 5.- No se realizarán rozas ni rebajos en muros estructurales de bloques huecos. Para muros de bloques ciegos o con volumen total de huecos menor o igual al 25% del volumen bruto y un volumen de cada hueco menor o igual al 12,5% del volumen bruto, se puede desprestigiar la reducción de resistencia a compresión, flexión y corte si se mantienen las limitaciones de la tabla siguiente. Si se sobrepasan estas limitaciones, se comprobará por el cálculo la resistencia a compresión, a flexión y a corte.

| Dimensiones de rozas y rebajos verticales en la fábrica, admisibles sin cálculo | | | | |
|---|--|-----------------|---|---------------------------------------|
| Espesor del muro Ancho de bloque (mm) | Rozas realizadas tras la ejecución de la fábrica | | Rebajos realizados durante la ejecución de la fábrica | |
| | Profundidad máx. (mm) | Ancho máx. (mm) | Ancho máx. (mm) | Espesor residual mínimo del muro (mm) |
| ≤115 | 30 | 100 | 300 | 70 |
| 140 | 30 | 125 | 300 | 90 |
| 190 | 30 | 150 | 300 | 140 |
| 240 | 30 | 175 | 300 | 175 |
| 290 | 30 | 175 | 300 | 175 |

NOTAS: 1.-La profundidad máxima de una roza o rebajo incluirá la de cualquier perforación que se alcance al realizarla. 2.-Las rozas verticales que no se prolonguen sobre el nivel del piso más que un tercio de la altura de planta, pueden tener una profundidad de hasta 80 mm y de un ancho de hasta 120 mm, si el espesor del muro es de 225 mm. 3.-La separación horizontal entre rozas adyacentes o entre una roza y un rebajo o un hueco no será menor que 225 mm. 4.-La separación horizontal entre dos rebajos adyacentes, cuando están en la misma cara o en caras opuestas del muro, o entre un rebajo y un hueco, no será menor que dos veces el ancho del rebajo mayor. 5.-La suma de los anchos de las rozas y rebajos verticales no será mayor que 0,13 veces la longitud del muro.

Tabla 9. Dimensiones de rozas y rebajos verticales en la fábrica, admisibles sin cálculo. De la Tabla 4.8 del CTE-SE-F.

- 6.- Se evitarán las rozas horizontales e inclinadas. Cuando no sea posible, se realizarán dentro del octavo de la altura libre del muro, sobre o bajo el forjado, y su profundidad total, incluyendo la de cualquier hueco por el que pase la roza, será menor que la mayor dimensión dada en la tabla siguiente. Si se sobrepasan estas limitaciones, se comprobará por el cálculo la resistencia a compresión, a flexión y a corte.

| Dimensiones de rozas horizontales e inclinadas, admisibles sin cálculo | | |
|--|-------------------------|--------------------------|
| Espesor muro (mm) Anchos de bloque | Profundidad máxima (mm) | |
| | Longitud ilimitada | Longitud \leq 1250 mm. |
| ≤ 115 | 0 | 0 |
| 140 | 0 | 15 |
| 190 | 10 | 20 |
| 240 | 15 | 25 |
| 290 | 15 | 25 |

NOTAS: 1.-La profundidad máxima de la roza incluirá la profundidad de cualquier perforación que se alcance por la roza. 2.-La separación horizontal entre el extremo de una roza y un hueco no será menor que 500 mm. 3.-La separación horizontal entre rozas adyacentes de longitud limitada, ya estén en la misma cara o en caras opuestas del muro, no será menor que dos veces la longitud de la roza más larga. 4.-En muros de espesor mayor de 115 mm la profundidad admisible de la roza puede aumentarse 10 mm si la roza se realiza con precisión usando máquina de corte. Si se usa máquina de corte, las rozas de hasta 10 mm de profundidad pueden realizarse en ambas caras de los muros de espesor no menor que 225 mm. 5.-El ancho de la roza no superará la mitad del espesor residual del muro.

Tabla 10. Dimensiones de rozas horizontales e inclinadas, admisibles sin cálculo. De la Tabla 4.8 del CTE-SE-F.

7.- Se debe tener cuidado al realizar rozas para evitar dañar anclajes y armaduras. Cuando se prevea que un muro de fábrica armada tiene que rozarse por uno o dos de sus paramentos, podrá ser aconsejable (teniéndolo en cuenta en el cálculo), emplear armaduras de tendel prefabricadas del ancho inmediatamente inferior al máximo aconsejable, en función del ancho del muro, para evitar encontrarse con las armaduras al hacer las rozas.

8.- Cuando se realizan rozas en una fábrica recién levantada, se debe tener un particular cuidado con los muros no estructurales para evitar que la fuerza aplicada por la máquina rozadora dañe el muro. Cuando existe ese riesgo, no se debe realizar la roza.

9.- Teniendo en cuenta la dureza del material se recomienda realizar las rozas con herramientas de precisión.

5.2. MUROS DE CERRAMIENTO

5.2.1. ENCUENTRO CON FORJADO

En los cerramientos de fábricas con bloque visto se pueden considerar dos situaciones:

- 1.- La hoja exterior apoya directamente sobre el forjado.
- 2.- La hoja exterior discurre por delante del forjado y la estructura del edificio.

1.- La situación más habitual es que la hoja exterior apoye directamente sobre el forjado, debiendo garantizar que el apoyo sea como mínimo igual a los $2/3$ de su espesor, a efectos de garantizar la estabilidad estática del muro, tanto frente a la adecuada transmisión de cargas verticales de peso propio al forjado, como frente a empujes horizontales.

Para cumplir estos requisitos se hace necesario que el espesor de la hoja exterior sea como mínimo de 14 cm.

Para evitar romper los bloques en su paso por delante de los pilares, se recomienda volar el forjado respecto a la cara exterior del pilar una dimensión suficiente para que la hoja exterior pase entera por delante de los mismos.

Para evitar la entrada en carga de la fábrica por deformaciones en el borde del forjado, se preverá una junta bajo el mismo de 2 cm, como mínimo, que se rellenará con un material compresible (de un 30% a un 50% de su espesor inicial) que además garantice la adherencia.

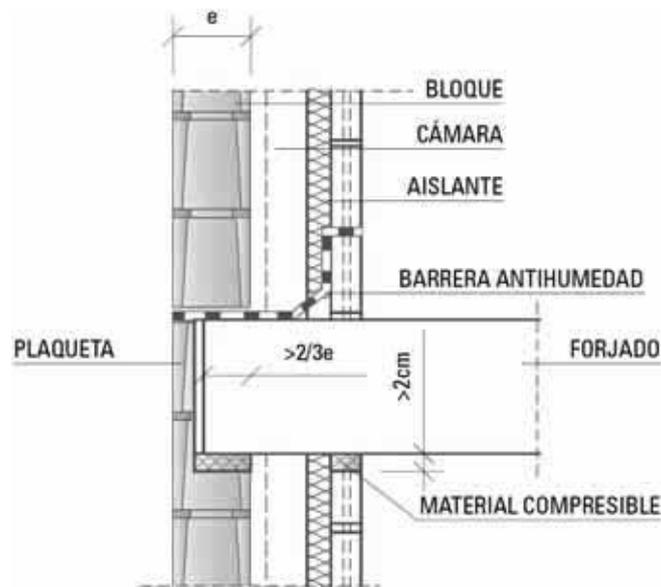


Ilustración 146. Apoyo sobre forjado de fábrica vista.

En fábricas vistas se recubrirá el canto del forjado con piezas de plaqueta. En fábricas para revestir se puede enrasar el cerramiento con la cara exterior del forjado, tomando la precaución de reforzar el revestimiento con mallas adecuadas sobre las juntas para evitar fisuraciones.

Se recomienda empezar el cerramiento por la planta superior del edificio, de manera que al realizar el de cada planta se haya producido la deformación del forjado superior, debida al peso del cerramiento que existe sobre él.

2.- La solución en la que la hoja exterior discurre por delante del forjado, tiene un mejor comportamiento que la anterior ya que evita los puentes térmicos y posibles problemas de estabilidad por falta de apoyo de la hoja exterior sobre el forjado; pero es una solución más compleja en cuanto a la ejecución lo que hace que su empleo sea mucho más reducido.

El sistema más utilizado se basa en la incorporación de angulares metálicos para apoyo y transmisión de los esfuerzos del cerramiento a la estructura del edificio.

Los perfiles se pueden calcular para soportar el peso de varias plantas, no debiendo sobrepasar, en general, los 10 m ó 3 plantas. En cualquier caso la hoja exterior debe estar adecuadamente anclada a la hoja interior o a la estructura del edificio.

De manera análoga al sistema anterior, la fábrica deberá apoyar como mínimo los 2/3 de su espesor en el angular metálico y debajo del mismo se creará una junta horizontal de movimiento de 2 cm, como mínimo, que se rellenará con un material compresible que además garantice la adherencia.

NOTA: No hay que olvidar que cuando se disponen juntas horizontales de movimiento bajo los forjados, los muros de cerramiento sometidos a la acción del viento, no pueden trabajar por efecto arco en vertical entre dos forjados consecutivos, y que por tanto, la presión o succión del viento la han de transmitir a los pilares estructurales contiguos, donde habrá que anclarlos adecuadamente. Si los pilares se encuentran excesivamente distanciados entre sí (más de 4 m), habrá que recurrir o bien a armar por tendeles la fábrica para incrementar sus prestaciones hasta poder llegar a ellos, o bien habrá que disponer pilastras de hormigón armado dentro los huecos de las piezas de la fábrica, o bien costillas verticales dentro de los huecos (o en las llagas continuas de la fábrica), o postes metálicos en la cámara, trasdosando la fábrica.

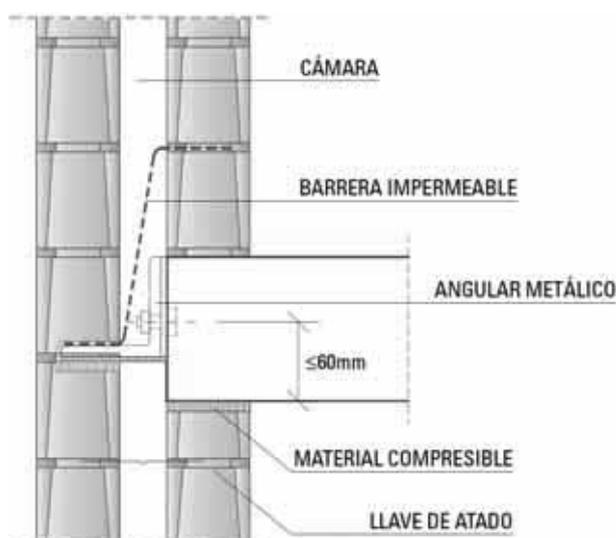


Ilustración 147. Hoja exterior de fábrica vista pasante por delante de la estructura.

Además se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los perfiles se calcularán para garantizar una deformación máxima del perfil de $L/600$.
- El sistema permitirá tolerancias de ajuste en la fijación tanto en sentido vertical como horizontal de manera que se puedan absorber pequeños problemas de ejecución.
- Se garantizará la adecuada resistencia de la superficie de hormigón donde se fije el perfil metálico.
- Se recomienda la utilización de perfiles de poca longitud dejando juntas entre elementos adyacentes, para controlar los movimientos debidos a cambios de temperatura.
- El material utilizado será resistente a la corrosión o estará adecuadamente protegido contra ella.
- Se incorporarán sistemas de impermeabilización y evacuación, ante la posible entrada de agua a través de la hoja exterior.

Otra opción consiste en sustituir el angular metálico por anclajes puntuales cada 50 cm en el canto de los forjados.

5.2.2. ENCUENTRO CON PILARES

De acuerdo con lo indicado en el apartado anterior lo aconsejable es que la hoja exterior del cerramiento pase entera por delante de los pilares de fachada, independizándola de éstos mediante una lámina de polietileno o una plancha de aislamiento de baja densidad.

Con esta solución, considerando la estabilidad del cerramiento frente a esfuerzos horizontales, se deben incorporar elementos de rigidización transversal, como por ejemplo llaves de atado a los pilares, que además permitan pequeños movimientos en sentido longitudinal.

Con esta solución el forjado debe volar lo necesario para que la hoja exterior apoye como mínimo 2/3 sobre él. Con la solución de cerramiento pasante por delante de la estructura apoyando sobre perfiles metálicos, el pilar queda enrasado con la cara exterior del forjado, existiendo una cámara entre el pilar y la hoja exterior. El cerramiento debe quedar rigidizado transversalmente con anclajes de manera análoga.

En determinados edificios de estructura metálica con pilares esbeltos y elementos mecánicos (puentes grúa, etc.) anclados a ellas, que pueden transmitir vibraciones, es importante que los cerramientos pasen completamente por delante de la estructura, estando unidos a ella mediante anclajes que sujeten a fábrica a la misma, pero a su vez permitan los movimientos de los elementos estructurales sin deteriorar el cerramiento.

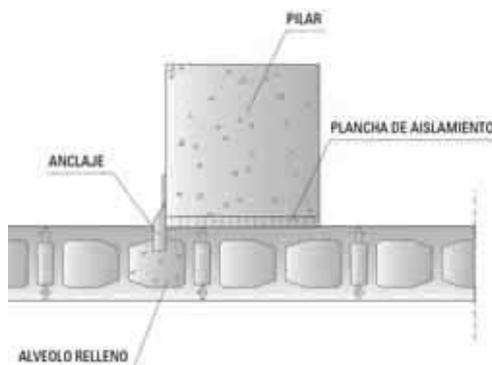


Ilustración 148. Anclaje de fábrica a pilar de hormigón.

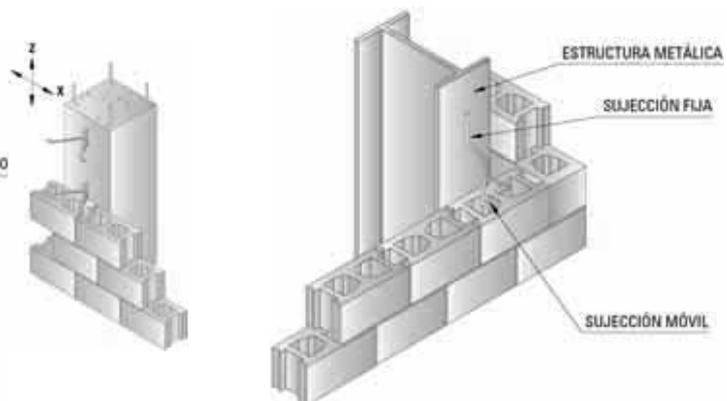


Ilustración 149. Anclaje de fábrica a pilar de acero.

NOTA: Los anclajes entre los muros de cerramiento y las estructuras porticadas, deberán permitir el libre asentamiento, dilatación y/o retracción de la fábrica, con independencia de la deformación de la estructura, por lo que se hace imprescindible emplear anclajes con dos libertades de movimiento adecuadas (las del plano del muro) restringiendo el movimiento perpendicular a él que soportará la acción del viento.

NOTA: No deben confundirse las exigencias y características de un anclaje con doble libertad de movimiento, con las llaves de atado entre hojas o paños de fábrica. Pues en el caso de los cerramientos, con ellos se compromete la capacidad resistente, la estabilidad y la durabilidad de la fachada frente a la corrosión, por lo que sólo se admitirán los componentes metálicos con estas exigencias.

5.2.3. ENCUENTRO CON PETO DE CUBIERTA

La cubierta al ser un elemento expuesto, puede sufrir más movimientos debidos a cambios de temperatura y en el caso de cubiertas planas, al estar confinadas mediante un peto perimetral, puede dar lugar a la aparición de fisuras en fachada por desplazamientos de éste, si no se tienen en cuenta determinadas precauciones.

En este sentido es muy importante garantizar un buen aislamiento de la cubierta, incluso la utilización de cubiertas ventiladas así como utilizar materiales de terminación de color claro.

Para absorber los movimientos, es imprescindible la incorporación de una junta de contorno rellena de un material compresible en todo el perímetro de cubiertas planas.

Para mejorar la estabilidad del peto, es conveniente incorporar un zuncho perimetral en la última hilada que sirve de base para la albardilla. Esto se puede conseguir incorporando una malla metálica tupida en el tendel inferior, que haga de fondo para la colocación del hormigón y colocando piezas de zuncho en la hilada o también realizando la hilada con piezas dintel.

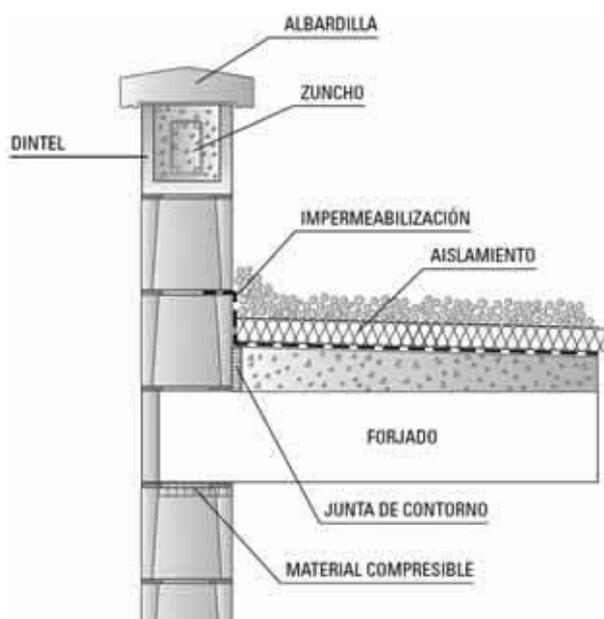


Ilustración 150. Peto de cubierta plana.

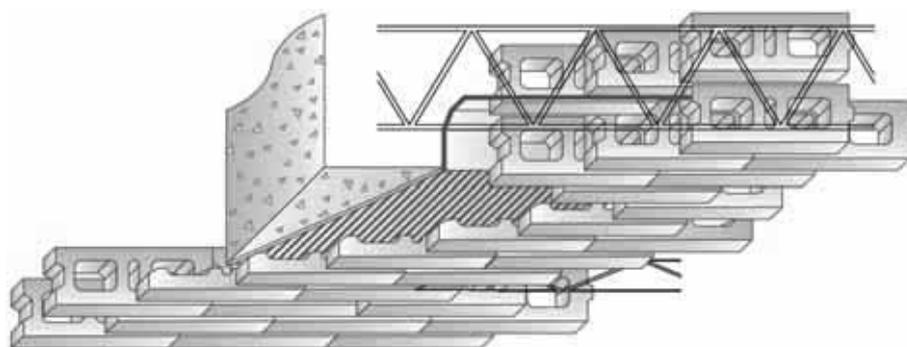


Ilustración 151. Muro capuchino de fábrica armada, atando las dos hojas de un peto de cubierta.

5.2.4. JUNTAS DE MOVIMIENTO

En cerramientos se deben prever juntas de movimiento verticales y horizontales, las verticales al igual que en muros deben estar separadas como máximo 8 m. Las horizontales, al existir un mayor número de juntas, se pueden colocar a separaciones del orden de 12 m.

Desde el punto de vista de la estabilidad del cerramiento, la junta vertical genera una interrupción en la traba, funcionando como un borde libre que puede favorecer el movimiento de la fábrica en sentido perpendicular a su paramento frente a acciones horizontales (viento, etc.). Por ello es conveniente situar dichas juntas donde exista un elemento portante y sujetarlas a ambos lados con llaves embebidas en los tendeles, como indican las figuras siguientes:

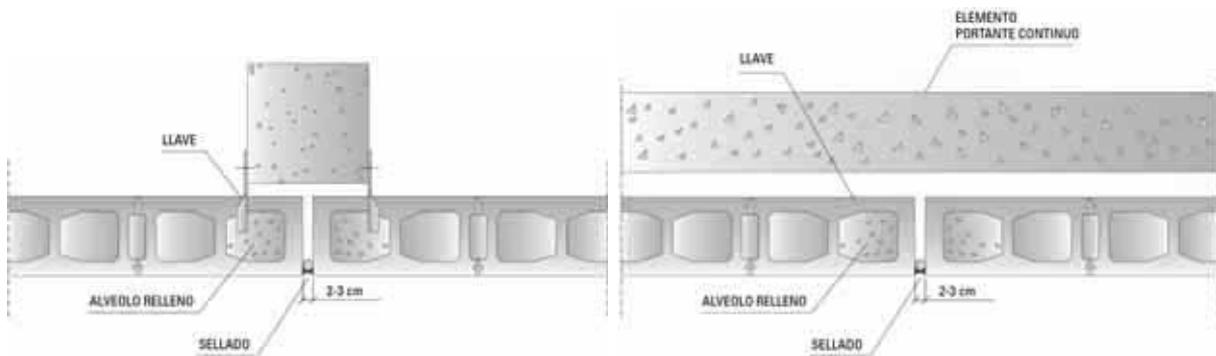


Ilustración 152. Junta de movimiento coincidente con estructura.

Pueden disponerse juntas de movimiento en muros de fábrica armada por tendeles, colocando "pajitas" en los alambres longitudinales de las armaduras de tendel, para que soporten la acción horizontal del viento entre ambos paños, en la junta vertical de movimiento.



Ilustración 153. Junta de movimiento con armadura de tendel deslizante.

El material metálico empleado en las llaves debe ser resistente a la corrosión o estar adecuadamente protegido contra ella.

En las juntas horizontales, desde el punto de vista de la estabilidad del cerramiento, deberán colocarse llaves de atado transversal a distancia de unos 40 cm, que fijen la fábrica a la hoja interior portante o al forjado, permitiendo movimientos en sentido vertical.

En las juntas horizontales el riesgo de entrada de agua provocado por un defecto en el sellado es mayor que en las verticales, por lo que en situaciones expuestas se recomienda proteger el sellado con algún elemento que actúe como barrera frente al agua, dejando al sellado la misión de estanquidad frente al aire.

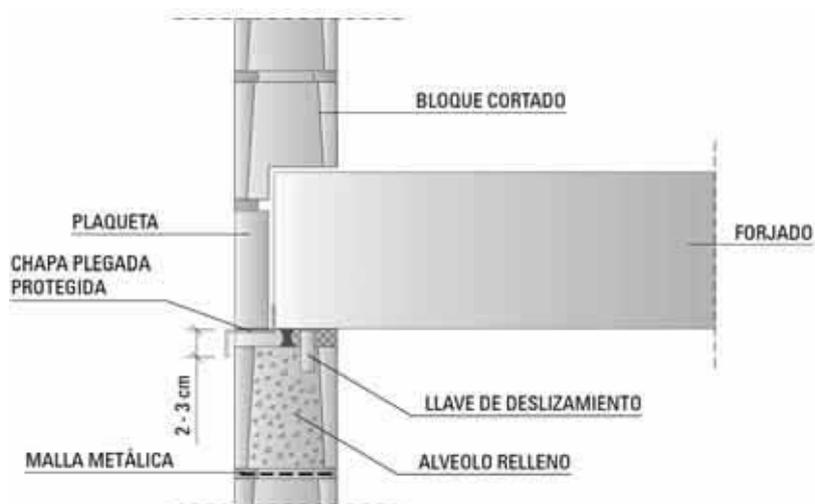


Ilustración 154. Protección de junta horizontal mediante chapa plegada.

Si se confía al sellado la función de estanquidad al agua, deberá revisarse periódicamente (al menos una vez al año), sustituyéndose cuando presente falta de elasticidad, adherencia o signos de desgaste.

5.2.5. CONSIDERACIÓN DE ESFUERZOS HORIZONTALES

La estabilidad de un cerramiento frente a esfuerzos horizontales depende de la distancia entre apoyos horizontales, la distancia entre apoyos verticales y el espesor de la hoja de fábrica.

Las distintas soluciones y situaciones para juntas de movimiento analizadas en el apartado anterior para permitir los movimientos de la fábrica, obligan a buscar soluciones que permitan independizar el cerramiento de la estructura, los movimientos de dilatación y contracción de las fábricas así como una unión rígida entre cerramiento y estructura.

Esto se suele llevar a cabo mediante anclajes de acero, uniendo el cerramiento y la estructura; incorporando además una junta elástica entre las 2 partes del cerramiento que permite independizar los movimientos. Esto se puede comprobar en los distintos detalles del apartado anterior.

Como generalmente es necesario incorporar más anclajes que los dispuestos a ambos lados de las juntas de movimiento, también es de aplicación lo comentado en el apartado 5.2.2. Encuentro con pilares, pág. 116.

Según la antigua norma NTE-FFB, un muro no precisa cálculo o comprobación frente a esfuerzos horizontales si tiene una altura no mayor de 3 m, una longitud no mayor de 2 veces la altura y un espesor no menor de 9 cm, si se encuentra anclado en los cuatro lados.

En muros capuchinos cuando las dos hojas tienen un espesor superior a 90 mm, un adecuado anclaje entre las dos hojas de fábrica puede resolver la estabilidad del cerramiento frente a esfuerzos horizontales. Se puede realizar mediante llaves metálicas inoxidables o protegidas contra la corrosión de 4-5 mm de diámetro.



Ilustración 155. Diferentes tipos de llave de unión metálicas.

Las llaves de atado tipo "clip" que con una sola pieza resuelve el atado de las dos hojas de la fábrica, permite salvar las tolerancias de nivel entre ambas hojas, dotarlas de doble libertad de movimiento, forzar el goteo del agua infiltrada en la cámara y sujetar el posible aislamiento en la posición adecuada, dejando la cámara ventilada al exterior.

El número de anclajes por m^2 deberá calcularse en función de la resistencia de la llave, el espesor de la cámara de aire, el espesor de las hojas de fábrica, las condiciones de apoyo del cerramiento, las dimensiones de los paños entre elementos resistentes, etc. En general el número puede variar entre 2 y 5 anclajes por m^2 .

Las llaves se deben introducir en cada hoja un mínimo de 50 mm, garantizando que no constituyan un medio de penetración del agua hacia el interior.

5.2.6. MUROS DE FÁBRICA ARMADA ACOSTILLADOS

Los muros de fábrica armada acostillados, es decir, con armaduras prefabricadas en los tendeles a niveles iguales o inferiores a 60 cm de altura, y con costillas verticales a distancias horizontales regulares, son muy idóneos para soportar las acciones horizontales del viento en los cerramientos y particiones, debiendo transmitir dichos esfuerzos a la estructura perimetral, para lo que se complementan con las fijaciones apropiadas arriba y debajo de las costillas, así como de los anclajes con doble libertad de movimiento hacia los soportes estructurales existentes.

La regularidad en la separación vertical de las armaduras de tendel y/o de la separación horizontal de las costillas, así como si éstas últimas tienen que ir reforzadas, junto con el tipo de anclajes a disponer a los soportes estructurales, dependerá del cálculo.

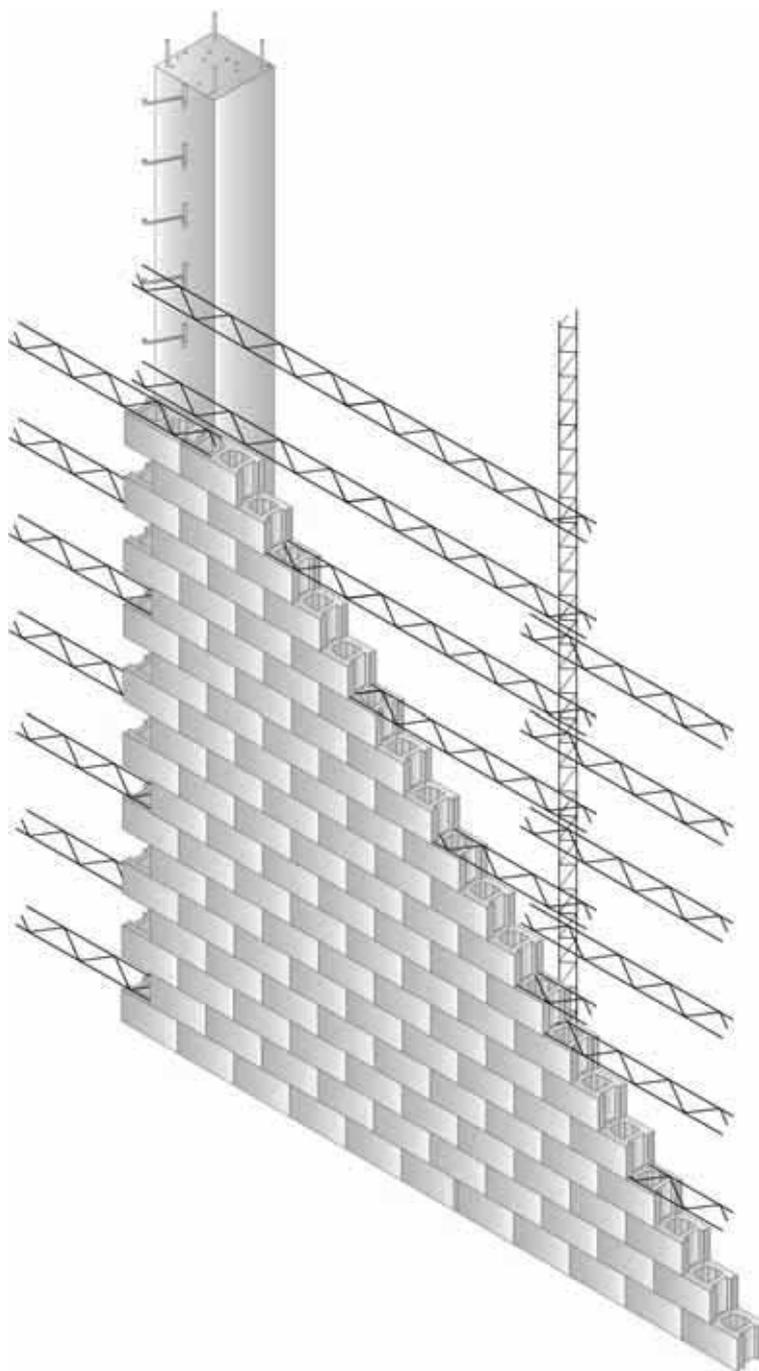


Ilustración 156. Muro de fábrica armada, armadura horizontal de tendel y armadura vertical con costillas.

5.3. PARTICIONES INTERIORES

En los casos en que el bloque se utiliza como elemento de distribución interior o cerramiento, la última hilada debe dejarse despegada del forjado superior unos 2-3 cm, quedando abierta hasta terminar las unidades que constituyen las cargas permanentes del edificio (tabiquerías, solados, revestimientos...). Después debe rellenarse con un material suficientemente elástico para absorber las deformaciones de los forjados debidas a las sobrecargas de uso, evitando fisuraciones al entrar en

carga del tabique por apoyo del forjado superior. Esta operación debe hacerse empezando por las plantas superiores.

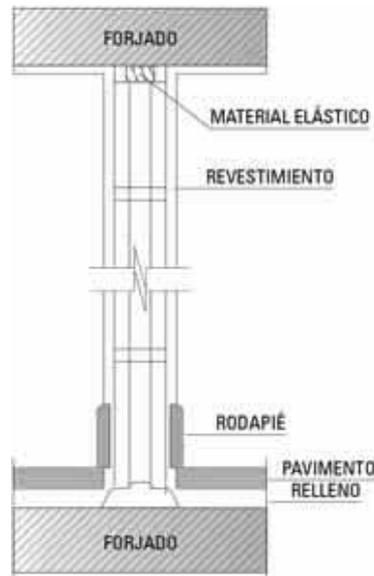


Ilustración 157. Partición interior con piezas de hormigón.

El uso de piezas de hormigón favorece el comportamiento acústico de las separaciones interiores, especialmente si lo comparamos con otros materiales normalmente empleados. Esta mayor densidad permite ejecutar estos paramentos sin necesidad de disponer bandas perimetrales con el fin de evitar la transmisión del sonido que se produce con otros materiales, como el ladrillo cerámico.

5.4. MUROS DE CONTENCIÓN

Los muros de contención se constituyen por sillares de hormigón colocados en seco y aparejados de forma que utilizan principalmente su peso propio para conseguir estabilidad. Pueden complementarse con refuerzos embebidos en el terreno para prevenir vuelcos o deslizamientos.

Dado que su colocación es en seco, es muy importante el sistema de encaje entre piezas para transmitir los esfuerzos horizontales entre las piezas de las distintas hiladas. Existen piezas con pestañas, rebajos, o incluso que incorporan varillas, según lo fabricantes, lo que exige seguir sus instrucciones en la colocación.

La forma de las piezas y su aparejo genera un plano de fachada con una determinada pendiente. Algunos sistemas permiten variaciones sobre esta pendiente, consiguiendo mayor estabilidad cuanto mayor sea el ángulo que forma con el plano vertical trazado por el pie del muro.

Cuando no se pueda garantizar la estabilidad de los muros de contención por gravedad (alturas excesivas, sobrecargas importantes, etc.) se deben usar refuerzos mediante capas a base de mallas (sintéticas, textiles, acero...) colocadas entre las hiladas de los sillares de hormigón y extendidas en el terreno de detrás del muro con las longitudes necesarias.

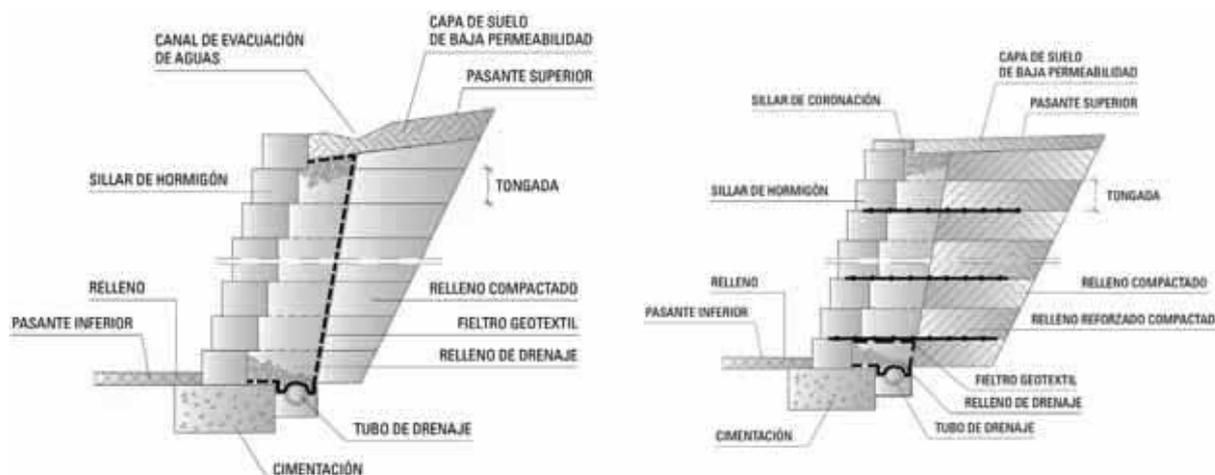


Ilustración 158. Muros de contención de tierras. Muro sin refuerzo [izquierda] y muro con refuerzo interior de malla sintética [derecha].

Proceso de ejecución:

1. Replanteo

Se realizará un replanteo completo (horizontal y vertical) en el terreno comprobando la adecuación de las cotas previstas en proyecto o la necesidad de modificarlas para adaptarlas a las condiciones físicas reales.

2. Excavación

Se realizará la excavación de la cimentación y del terreno del trasdós del muro, en los caso de desmonte, manteniendo los taludes adecuados al tipo de terreno, incluso la incorporación de banquetes para mantener las debidas condiciones de seguridad.

3. Cimentación

La cimentación tendrá la dimensión suficiente para garantizar la transmisión de esfuerzos al terreno con los márgenes de seguridad previstos en el proyecto. Se comprobará, una vez realizada la excavación, que el terreno se ajusta a las características previstas, debiendo ser eliminado o sustituido en los casos que no se cumplan. La cimentación suele se de hormigón (en masa o armado) o de componentes granulares debidamente compactados.

4. Drenaje Cuando sea necesario evacuar el agua que se pueda acumular en la zona del trasdós del muro, se recomienda realizar un drenaje en dicha zona que incorpore un colector inferior de recogida y fieltro geotextil, entre el colector y el material granular de relleno para la retención de finos.

5. Colocación de sillares

Una vez realizado el replanteo de colocará la primera hilada de sillares sobre la cimentación, guardando especial cuidado en la alineación y nivelación de las piezas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

El relleno del drenaje y del terreno de trasdós se irán realizando por tongadas, coincidiendo con las hiladas del muro. El terreno de trasdós se compactará adecuadamente para no incidir en la estabilidad del muro.

Se recomienda colocar un fieltro geotextil entre el material granular del drenaje y el terreno de relleno compactado, para impedir la colmatación de los huecos.

6. Colocación de refuerzos.

Los refuerzos, cuando son necesarios, se colocan en varios niveles entre las hiladas, extendiéndose en el trasdós del muro dentro de la masa de suelo reforzado la longitud necesaria.

Suelen configurarse en forma de mallas de materiales plásticos, sintéticos, textiles, acero, etc.; que deben ser colocados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

En cualquier caso, la dirección resistente debe ser perpendicular a la cara del muro y no se deben empalmar mallas en esta dirección. Las mallas adyacentes en la dirección perpendicular al muro se colocarán a tope.

Los refuerzos se colocarán perfectamente estirados, incorporando los elementos necesarios (grapas, varilla, etc.) para garantizar esta situación, así como su anclaje a los bloques.

7. Coronación del muro y del terreno.

El muro se puede coronar con las mismas piezas que el resto de las hiladas o incorporar piezas especiales.

El drenaje y el relleno compactado deben quedarse unos 30 cm por debajo de la rasante final, rellenando este espacio con un terreno de baja permeabilidad para reducir todo lo posible las filtraciones, canalizando incluso las posibles aguas para evitar que discurran por la cara exterior del muro.

Es recomendable también cubrir superiormente la capa de drenaje con un fieltro geotextil para evitar su colmatación.

6. FUNCIONALIDAD

Con el fin de cumplir las funciones exigidas en la edificación, caben dos planteamientos contrapuestos, a la hora de construir la envolvente del edificio:

- Construir cerramientos homogéneos con una sola hoja, con el material y grueso adecuado capaz de cumplir por sí mismo las exigencias de control medioambiental entre el medioambiente exterior e interior.
- Construir cerramientos heterogéneos de dos o más hojas, con posibilidad de formar una cámara de aire central e incorporar capas intermedias, diferenciando el conjunto de las funciones en materiales y gruesos específicos.

6.1. PLANTEAMIENTOS CONSTRUCTIVOS FRENTE A LAS ACCIONES HIGROTÉRMICAS

Entre los materiales conglomerados de hormigón, se fabrica el bloque de árido ligero y/o agregados especiales (como por ejemplo la arcilla expandida, perlas de poliestireno expandido, materiales reciclados, etc.) cuyas propiedades aislantes (y ligereza) están optimizadas para emplearse en muros homogéneos de una sola hoja, capaces de solventar la capacidad aislante y resistente de la fábrica con una sola pieza.

En los casos de cerramientos de dos hojas, hay a su vez dos posibilidades de afrontar las funciones exigidas:

a. Muros heterogéneos de dos hojas atadas entre sí:

- Muro de dos hojas solidarizadas entre sí con cerchas y cámara central.
- Muro capuchino de dos hojas unidas con llaves ajustables en altura.

b. Muros de dos hojas sin cámara central:

- Muro doble con cerchas o retículas solidarizando las hojas entre sí.
- Muro de dos hojas con espacio central relleno de hormigón armado.
- Muro doblado con llaves entre hojas.

En ambos casos es posible incorporar un aislamiento térmico entre ambas hojas, así como materiales que funcionen como barrera de vapor, según sea necesario para cumplir las condiciones higrotérmicas.

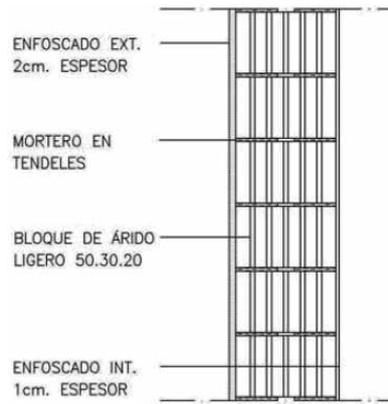


Ilustración 159. Cerramiento homogéneo de una hoja.

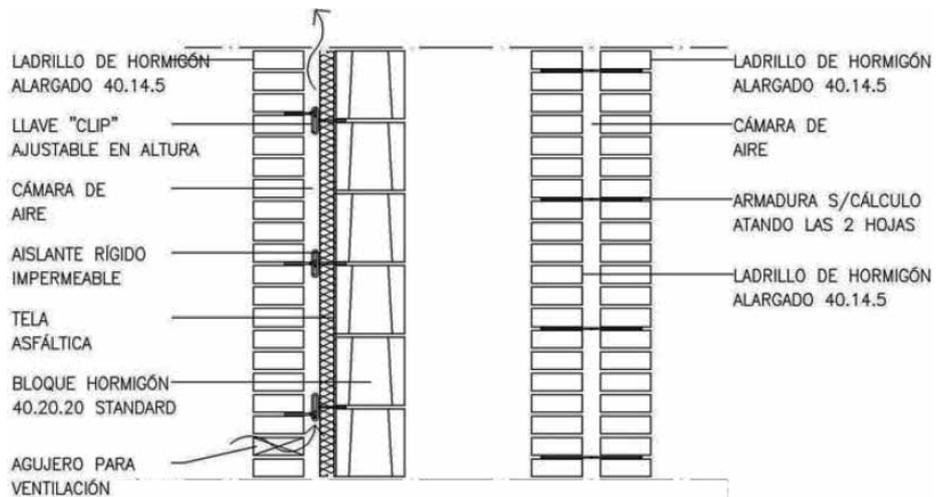


Ilustración 160. Cerramientos heterogéneos de dos hojas atadas entre sí, con cámara intermedia.

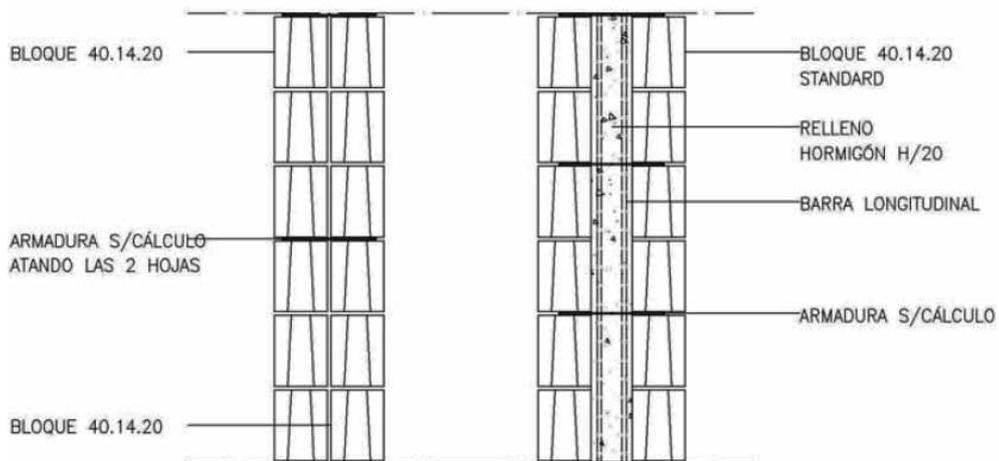


Ilustración 161. Muro de dos hojas atadas entre sí.

6.2. COMPORTAMIENTO FRENTE A LA HUMEDAD

Para solventar los problemas que la humedad genera en las fachadas de la edificación, existen también dos técnicas contrapuestas:

- Impedir el paso del agua o la humedad dentro del muro de fábrica.
- Aceptar el paso del agua o la humedad y desaguarla y/o secarla.

Los muros de fábrica de hormigón, al ser porosos, permiten que el agua atraviese la superficie hasta una profundidad en la que no cause problemas. En general, la fábrica de hormigón presenta una baja higroscopicidad (absorción de agua por capilaridad o succión).

En los muros homogéneos, es imprescindible asegurar con un tratamiento exterior, a base de revoco exterior de mortero de cemento, revestimientos monocapa, o pinturas (impermeables al agua pero no al vapor), que el agua de lluvia se infiltre en el interior de la fábrica.

En los muros de bloque visto de una sola hoja, fabricados con material hidrofugado, deberá impedirse el acceso de la humedad empleando también morteros apropiados.

Por el contrario, si se recurre a una construcción de dos hojas con cámara de aire central, podrá aceptarse el acceso del agua en su interior, siempre que se ventile y desagüe la cámara, y se evite que el agua traspase hacia la hoja interior del muro.

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros que están en contacto con el terreno frente a la penetración del agua del terreno y de las escorrentías está en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

| Presencia de agua | Coeficiente de permeabilidad del terreno | | |
|-------------------|--|--------------------------------|-------------------------|
| | $K_s \geq 10^{-2}$ cm/s | $10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s | $K_s \leq 10^{-5}$ cm/s |
| Alta | 5 | 5 | 4 |
| Media | 3 | 2 | 2 |
| Baja | 1 | 1 | 1 |

Tabla 11. Grado de impermeabilidad exigible a los muros.

Control de ejecución de puesta en obra frente a la humedad:

Se controlarán los siguientes aspectos:

- Impermeabilidad del paño al agua de lluvia.
- Drenajes e impermeabilizaciones en muros de contención de tierras.
- Impermeabilización de las barreras antihumedad.
- Huecos de ventilación y desagüe de la cámara de aire.
- Acabado con revoco de mortero o monocapa en fábricas no vistas.
- Pinturas impermeabilizantes.

- Tratamiento de juntas: limpieza, burleteado, sellado y llagueado.

6.3. COMPORTAMIENTO FRENTE A LA TEMPERATURA

Existen diversas formas de afrontar con éxito el control de la pérdida de energía a través de los muros de fachada, ya sea realizando gruesos muros de fábrica homogéneos, o por el contrario, muros heterogéneos con aislamiento central.

Los huecos de los bloques de hormigón, funcionan en cierta medida como cámaras aislantes, puesto que el aire es menos conductor térmico que el hormigón en sí. Éstos también se pueden rellenar de otros materiales que permitan la circulación de aire por su interior y alivien la carga de almacenamiento térmico del muro.

Como se ha expuesto en los apartados anteriores, se han de tener en cuenta barreras o revestimientos que planteen cierta resistencia a la filtración de la humedad, así como juntas de movimiento que permitan las dilataciones térmicas, por humedad, fluencia y retracción, las deformaciones por flexión y los efectos de las tensiones internas producidas por cargas verticales o laterales, sin que el bloque sufra el mínimo deterioro y cumpla con la resistencia térmica requerida.

Aun así, se establecen una serie de criterios de diseño para lograr el mejor comportamiento térmico posible:

- La conductividad del material del bloque: para conseguir un mejor comportamiento desde el punto de vista térmico, este valor debe ser lo más bajo posible, lo que generalmente es equivalente a trabajar con densidades bajas (si bien este aspecto influye en las propiedades acústicas);
- El espesor del bloque: cuanto mayor sea el espesor total de la pieza, mejor será su comportamiento térmico, es decir, menor será su transmitancia térmica;
- El espesor de huecos interiores: para un mismo número de filas de huecos, es recomendable térmicamente, que el espesor de los huecos en la dirección paralela al flujo de calor, sea lo más próxima posible a 2 cm (ya que a partir de 2 cm se pueden producir convecciones en el interior de los huecos);
- Las filas de los huecos: se debe tratar de configurar el mayor número de filas internas de huecos posible en la dirección perpendicular al flujo de calor (evitando así la aparición de convecciones en el interior de los huecos).

Por tanto, la contribución del bloque de hormigón a la resistencia térmica de la fachada al contar con una parte hueca en su sección, es mayor a la que ofrecen los elementos macizos, como es el caso de los paneles prefabricados de hormigón armados.

De entre las múltiples soluciones posibles, se han tabulado los valores de la capacidad aislante de varios tipos de cerramientos heterogéneos y homogéneos a modo de ejemplo:

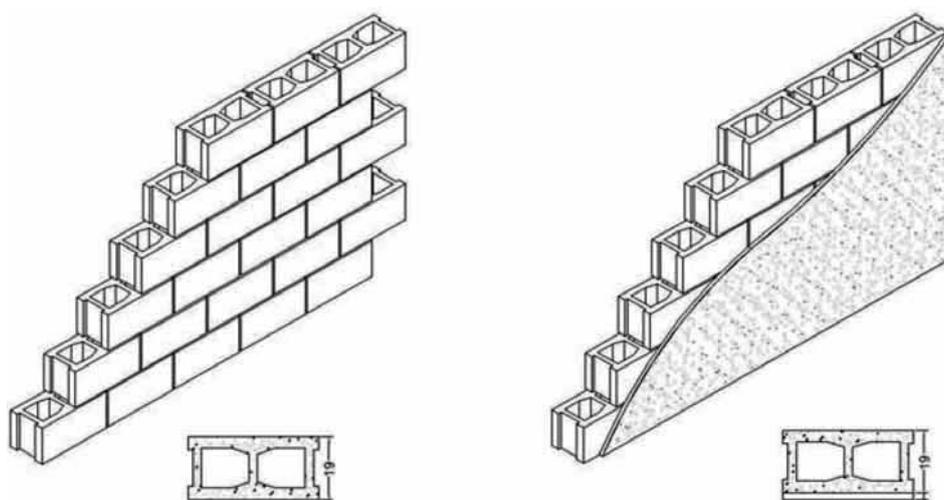


Ilustración 162. [Izquierda]: Muro de 1 hoja de bloque de hormigón. [Derecha]: Muro de 1 hoja de bloque de hormigón enfoscado.

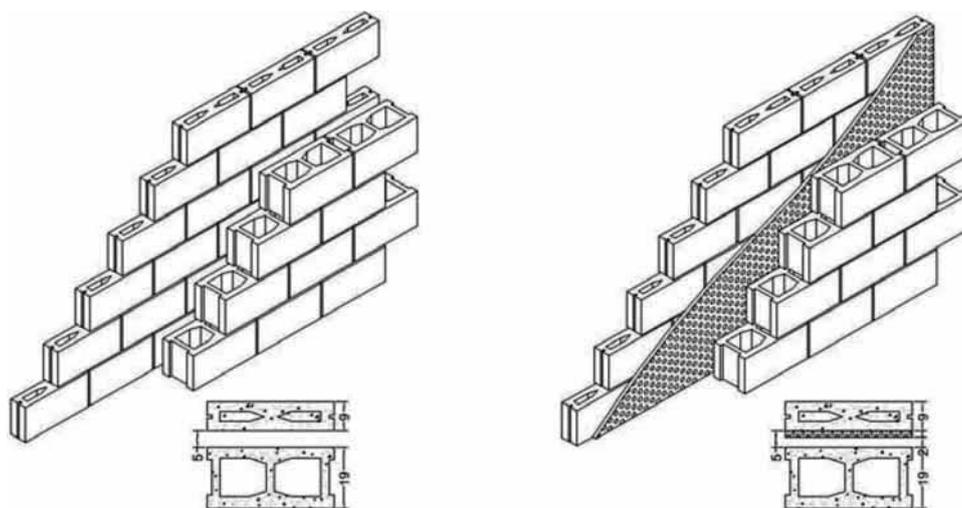


Ilustración 163. [Izquierda]: Muro de 2 hojas de bloque de hormigón. [Derecha]: Muro de 2 hojas de bloque de hormigón + 2cm aislamiento.

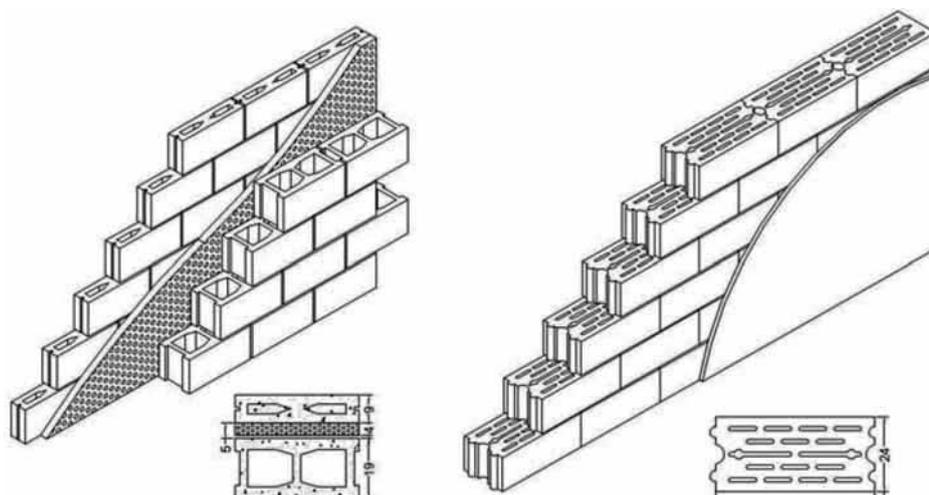


Ilustración 164. [Izquierda]: Muro de 2 hojas de bloque de hormigón + 4cm aislamiento. [Derecha]: Muro de 1 hoja de bloque aligerado.

| CAPACIDAD AISLANTE DE CERRAMIENTOS TIPO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO (Kcal/m ² h°C) DE ÁRIDO DENSO | | | | |
|--|---|------------------------|------|------|
| Solución tipo | Descripción | Grueso del bloque (cm) | | |
| | | 10 | 15 | 20 |
| Esquema | Bloque sólo | 3,19 | 2,53 | 2,42 |
| Esquema | -Hoja exterior: bloque visto | 1,38 | 1,24 | 1,21 |
| | -Cámara de aire: 5cm. | | | |
| Esquema | -Hoja interior: bloque 10cm. | 0,87 | 0,67 | 0,66 |
| | - Hoja exterior: bloque visto. | | | |
| | - Cámara de aire: 5 + 2 cm. | | | |
| | - 2cm de aislamiento $\lambda = 0,029$ | | | |
| Esquema | - Hoja interior: bloque 10cm. | 0,47 | 0,46 | 0,45 |
| | - Hoja exterior: bloque visto. | | | |
| | - Cámara de aire: 5 + 4 cm. | | | |
| | - 4cm de aislamiento. $\lambda = 0,029$ | | | |
| | - Hoja interior: bloque 10cm. | | | |

| CAPACIDAD AISLANTE DE CERRAMIENTOS TIPO DE BLOQUE DE HORMIGÓN ALIGERADO (Kcal/m ² h°C) | | | | | |
|---|--|------------------------|------|------|------|
| Solución tipo | Descripción | Grueso del bloque (cm) | | | |
| | | 15 | 20 | 25 | 30 |
| Esquema Arliblock Macizo | Bloque de hormigón ligero de arcilla expandida | 0,76 | 0,63 | 0,54 | 0,52 |
| Esquema Arliblock Multicámara | Bloque de hormigón ligero de arcilla expandida | 0,89 | 0,83 | 0,75 | 0,66 |

Tabla 12. Cualidades Aislantes según tipos de organizaciones de muros. (J.L. de Llorens).

En las diferentes normativas suele incluirse información sobre las prestaciones estimadas para cada material y tipo de solución de cerramientos.

El CTE y su Catálogo de Elementos Constructivos ofrecen toda una serie de datos de referencia, así como indicaciones para el correcto cumplimiento de sus exigencias:

| Productos de hormigón | | | | |
|--|-------------------------------|----------------------|-------------------|-------|
| Producto | HE | | | |
| | ρ kg / m ³ | λ W / m·K | c_p J / kg·K | μ |
| Bovedilla o casetón de hormigón convencional | 590-760 | 1,58 | 1000 | 10 |
| Bovedilla o casetón de hormigón de áridos ligeros | 320-580 | 1,26 | 1000 | 6 |
| Bloque de hormigón convencional | 520-1230 | 1,18 | 1000 | 10 |
| Bloque de hormigón aligerado (macizo) ⁽¹⁾ | 870-900 | 0,28 | 1000 | 6 |
| Bloque de hormigón aligerado (hueco) | 790-1110 | 0,45 | 1000 | 6 |
| Bloque de picón | 1300 - 2000 | 0,7 | 800 | 10 |
| Teja de hormigón | 2 100 | 1,50 | 1000 | 60 |

⁽¹⁾ Se consideran bloques de hormigón aligerado macizos aquellos con un porcentaje de huecos menor que el 15%.

Densidad ρ en kg/m³.

Conductividad térmica λ en W/m·K.

Calor específico c_p en J/kg·K.

Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua: seco, μ adimensional.

Tabla 13. Valores térmicos de diseño para productos de hormigón (catálogo de elementos constructivos del CTE).

| Fábrica de bloque de hormigón BH | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------|-------|
| Descripción | | HE | | | |
| Fábrica | Espesor de la fábrica E mm | ρ kg / m ³ | R m ² ·K/ W | c_p J / kg·K | μ |
| BH de áridos densos, AD ⁽¹⁾⁽²⁾ Hueco | 50 | 2090 | 0,05 | 1000 | 10 |
| | 60 | 1552 | 0,07 | 1000 | 10 |
| | 80 | 1514 | 0,10 | 1000 | 10 |
| | 90 | 1400 | 0,16 | 1000 | 10 |
| | 110 | 1300 | 0,17 | 1000 | 10 |
| | 140 | 1200 | 0,19 | 1000 | 10 |
| | 190 | 1100 | 0,22 | 1000 | 10 |
| | 240 | 1100 | 0,25 | 1000 | 10 |
| | 290 | 1000 | 0,26 | 1000 | 10 |
| BH de áridos ligeros, AL ⁽¹⁾⁽³⁾ Perforado ⁽⁴⁾ | 80 | 1220 | 0,45 | 1000 | 6 |
| | 90 | 1150 | 0,52 | 1000 | 6 |
| | 110 | 1095 | 0,59 | 1000 | 6 |
| | 140 | 1000 | 0,68 | 1000 | 6 |
| | 190 | 950 | 0,75 | 1000 | 6 |
| | 240 | 850 | 0,83 | 1000 | 6 |
| | 290 | 860 | 0,95 | 1000 | 6 |
| | 290 | 970 ⁽⁶⁾ | 0,89 ⁽⁶⁾ | 1000 | 6 |
| | 290 | (910) ⁽⁶⁾ | (1,05) ⁽⁶⁾ | 1000 | 6 |
| | Macizo ⁽⁵⁾ | 140 | 1134 | 0,80 | 1000 |
| 170 ⁽⁷⁾ | | 1450 ⁽⁷⁾ | 0,55 ⁽⁷⁾ | 1000 | 6 |
| 240 | | 900 | 0,91 | 1000 | 6 |
| 290 | | 1050 | 0,95 | 1000 | 6 |
| 290 | | 1160 ⁽⁶⁾ | 0,63 ⁽⁶⁾ | 1000 | 6 |
| | | (1100) ⁽⁶⁾ | (0,71) ⁽⁶⁾ | | |
| Bloque de picón ⁽⁸⁾ Cámara simple | 90 | 1.200 (1000) | 0,22 (0,27) | 800 | 10 |
| | 120 | 1.100 (900) | 0,26 (0,31) | 800 | 10 |
| | 150 | 1.150 (950) | 0,35 (0,43) | 800 | 10 |
| Cámara doble | 200 | 1.000 (900) | 0,40 (0,48) | 800 | 10 |
| | 250 | 900 (800) | 0,45 (0,54) | 800 | 10 |
| Cámara triple | 250 | 1000 (900) | 0,50 (0,62) | 800 | 10 |

⁽¹⁾ Se ha considerado un mortero convencional de densidad, $\rho = 1900 \text{ kg/m}^3$. Los valores entre paréntesis corresponden a fábricas tomadas con mortero aislante de densidad $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

⁽²⁾ Los bloques de hormigón convencional o bloques de áridos densos tienen una densidad seca absoluta del material comprendida entre 1700 y 2400 kg/m^3

⁽³⁾ Los bloques de hormigón con áridos ligeros son bloques fabricados con al menos un 40% en volumen de áridos ligeros y con una densidad seca absoluta del material menor que 1700 kg/m^3

⁽⁴⁾ Los bloques perforados de áridos ligeros tienen un porcentaje de huecos comprendido entre un 25% y un 50% y una densidad seca absoluta del material de 1500 kg/m^3

⁽⁵⁾ Los bloques macizos de áridos ligeros tienen un porcentaje de huecos menor que el 25% y una densidad seca absoluta del material comprendida entre 1000 y 1200 kg/m^3

⁽⁶⁾ Valor correspondiente a un muro de carga, con juntas sin interrupción

⁽⁷⁾ Valores válidos sólo para fábrica de bloques de hormigón macizos de áridos ligeros con un porcentaje de huecos menor que el 15% y una densidad seca absoluta del material de 1700 kg/m^3

⁽⁸⁾ Valores válidos para una densidad seca absoluta del material de 1800 kg/m^3 . Los valores entre paréntesis corresponden a piezas con una densidad seca absoluta del material de 1500 kg/m^3 .

Densidad ρ en kg/m^3 .

Resistencia térmica R, en $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

Calor específico c_p en $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$.

Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua: seco, μ adimensional.

Tabla 14. Valores térmicos de diseño para fábricas de bloque de hormigón (catálogo de elementos constructivos del CTE).

La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican según la zonificación climática que establece el CTE y de la carga interna en sus espacios. La demanda energética será inferior a la correspondiente a un edificio en el que los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica sean los valores límites establecidos.

| Transmitancia del elemento [W/m ² K] | Zona Climática | | | | | |
|--|----------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| Fachadas y cerramientos en contacto con el terreno | 0.94 | 0.50 | 0.38 | 0.29 | 0.27 | 0.25 |
| Suelos (forjados en contacto con el aire exterior) | 0.53 | 0.53 | 0.46 | 0.36 | 0.34 | 0.31 |
| Cubiertas | 0.50 | 0.47 | 0.33 | 0.23 | 0.22 | 0.19 |

Tabla 15. Parámetros característicos de transmitancia térmica media indicados por el CTE.

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, la transmitancia térmica y permeabilidad al aire de los huecos, y la transmitancia térmica de las zonas opacas de muros, cubiertas y suelos, que formen parte de la envolvente térmica del edificio, no debe superar los valores establecidos (excluyendo los puentes térmicos).

| Parámetro | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | α | A | B | C | D | E |
| Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² •K] | 1,35 | 1,25 | 1,00 | 0,75 | 0,60 | 0,55 |
| Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² •K] | 1,20 | 0,80 | 0,65 | 0,50 | 0,40 | 0,35 |
| Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² •K] | 5,70 | 5,70 | 4,20 | 3,10 | 2,70 | 2,50 |
| Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h•m ²] | < 50 | < 50 | < 50 | < 27 | < 27 | < 27 |

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

Tabla 16. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica.

EN EL ANEXO I SE INCLUYE UNA SELECCIÓN DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS Y SUS PRESTACIONES.

Control de ejecución de puesta en obra frente a la temperatura:

Se controlarán los siguientes aspectos:

- Control del grueso del aislamiento proyectado.
- Sistema de fijación de las láminas o planchas de aislamiento, su posición, dimensiones y tratamiento de puntos singulares.
- Disposición del aislamiento en la cara caliente de la cámara.
- Disposición de la barrera de vapor en la cara caliente del cerramiento, cuidando que durante la ejecución no se produzcan roturas o deterioros en la misma.
- Control de rotura de puente térmico en frentes, forjados y pilares.

6.4. COMPORTAMIENTO FRENTE AL RUIDO

Los bloques representan un material de construcción que posee unas propiedades acústicas muy válidas para cumplir con las exigencias de la diferente normativa. Tienen curvas uniformes de pérdida

de transmisión de sonido, sin presentar hoyos acústicos y tienen un aislamiento comprendido entre 35 y 60 dB, para muros de una hoja.

El hormigón es un material de construcción con una elevada densidad, lo que favorece su comportamiento acústico, especialmente si lo comparamos con otros materiales normalmente empleados, como pueden ser las piezas cerámicas o las placas de yeso laminado.

La absorción del sonido se acentúa en los bloques de textura abierta y disminuye, hasta en un 3%, cuando son recubiertos con acabados lisos que contribuyen a cerrar los poros. Estos muros absorben entre el 18% y el 70% del sonido, dependiendo de la textura del hormigón y el acabado de la superficie.

Dado que los edificios representan el hábitat natural del hombre, en los cuales pasa la mayor parte de su vida, se comprende fácilmente, que ya en el proyecto de los mismos, da comienzo una de las estrategias más importantes que mejoran el confort de la persona y que mejoran en general el medio ambiente: la lucha contra el ruido.

Partiendo de la definición más corriente y comprensible que hay de ruido (sonido molesto para el oído humano), las fuentes de ruido que inciden en los edificios, son frecuentemente causas de ruidos aéreos y ruidos de impacto o estructurales, es decir, ruidos originados en el aire y ruidos originados en los sólidos.

De los tres métodos existentes para la lucha contra el ruido: control sobre la fuente emisora, control sobre el camino de propagación y control del receptor; el aspecto tratado en los estudios de control de ruido sobre los edificios, se basa en el segundo, esto es, efectuando el estudio sobre el control del camino de propagación del ruido.

6.4.1. ABSORCIÓN ACÚSTICA

La absorción acústica constituye una cualidad propia de cada material. Así, cuando una fuente emisora produce ondas sonoras, éstas se transmiten a través del aire y eventualmente pueden chocar contra cualquier obstáculo artificial, reflejándose, atravesándolo con pérdida de energía o siendo absorbidas por aquél.

Por ello, la absorción acústica en el seno del aire, que resulta ser provocada por la disminución de la densidad de energía en su propagación a través del aire, es diferente a la fracción de energía no reflejada por una superficie, en relación con la energía incidente.

Se entiende por absorción acústica (A), la magnitud que cuantifica la energía extraída del campo acústico cuando la onda sonora atraviesa un medio determinado, o en el choque de la misma con las superficies límites del recinto. Se expresa en m², de la forma:

$$A = \alpha^m \cdot S \quad (A = \sum_i \alpha_i S_i)$$

En donde:

A = absorción media en m².

α^m = coeficiente medio de absorción del material que es: $1/S \sum_i \alpha_i S_i$

S = superficie del material en m².

El coeficiente de absorción (α), es la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre el mismo, por unidad de superficie. De esta forma, una superficie que teóricamente pudiera absorber el 100% de la energía sonora incidente, tendría un coeficiente de 1. Para la medida de este valor α de cada superficie Si de un recinto, se toma la media sobre los valores, a frecuencias comprendidas entre 125 y 4.000 Hz, en bandas de una octava. El límite permitido para el coeficiente de absorción es de 0,15 como valor mínimo, y a partir de este valor, se puede considerar que el material ya posee condiciones de absorción del sonido.

En la tabla siguiente se puede comprobar que los bloques de hormigón poseen un coeficiente de absorción medio muy aceptable en comparación con otros materiales.

Por otra parte, y según sea la textura del material colocado, el coeficiente puede variar. A tal efecto, el tratamiento de su superficie con diversas pinturas, imprimaciones o revestimientos, mejora notablemente las propiedades aducidas.

| Material | Textura | α |
|---|------------|----------|
| Ladrillo sin enfoscar | cualquiera | 0,05 |
| Suelo raso de hormigón | cualquiera | 0,02 |
| Piso de madera | cualquiera | 0,08 |
| Vidrio | cualquiera | 0,02 |
| Enfoscado de yeso | rugoso | 0,05 |
| | liso | 0,04 |
| Panel de madera | cualquiera | 0,06 |
| Baldosa | cualquiera | 0,55 |
| Revestimiento de hormigón | cualquiera | 0,45 |
| Bloque hormigón áridos ligeros sin enfoscar | gruesa | 0,50 |
| | media | 0,45 |
| | finas | 0,40 |
| Bloque hormigón áridos normales, sin enfoscar | gruesa | 0,28 |
| | media | 0,27 |
| | finas | 0,26 |

Tabla 17. Valores promedios del coeficiente de absorción para diferentes materiales, según textura.

Para los bloques de hormigón, el valor del coeficiente de absorción sonora está comprendido entre 0,20 y 0,70, lo cual indica la idoneidad de este material en su uso como barrera antirruído.

6.4.2. TIEMPO DE REVERBERACIÓN

El tiempo de reverberación (TR) es un parámetro que se utiliza para cuantificar la reverberación de un determinado recinto. Se define como el tiempo que transcurre entre que se interrumpe la recepción directa de un sonido y la recepción de sus reflexiones.

Habitualmente para medir el valor se considera que las reflexiones finalizan cuando la intensidad con la que se perciben es una millonésima de su valor original, lo que equivale a 60 dB. La medición se realiza emitiendo un ruido corto y seco en el recinto y registrando cómo evoluciona la intensidad con la que se percibe.

El tiempo de reverberación viene determinado principalmente por las características de los acabados superficiales y revestimientos, así como de la geometría de los paramentos.

Existen bloques de hormigón especiales con geometrías diseñadas especialmente para mejorar la acústica de los locales mediante su geometría y otros factores.

Este aspecto es determinante en recintos especiales, tales como aulas, salas de conferencias, teatros, comedores, salas de conciertos, etc. Para este tipo de situaciones se recomienda realizar un estudio acústico según las condiciones concretas.

Para limitar el ruido reverberante en las zonas comunes, los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan una zona común de un edificio de uso residencial, docente y hospitalario, colindante con recintos protegidos con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente, A , sea al menos $0,2 \text{ m}^2$ por cada metro cúbico del volumen del recinto.

6.4.3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

En primera aproximación, el aislamiento acústico de un muro de fábrica de bloques, se mide por el poder aislante de la pared divisoria, que resulta ser la pérdida de intensidad del sonido a frecuencias comprendidas entre 125 y 5.000 Hz.

Aislamiento acústico a ruido de impactos

Al igual que con el ruido aéreo, los elementos constructivos del edificio deben tener unas características tales de modo que se cumplan las exigencias establecidas por norma, igualmente en función del tipo de recintos y sus usos.

En este caso los elementos constructivos más importantes a tener en cuenta son elementos horizontales, salvo situaciones en las que se prevean impactos horizontales.

Aislamiento acústico a ruido aéreo

Los elementos constructivos interiores de separación, así como las fachadas, las cubiertas, las medianerías y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada recinto de un edificio, deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales de modo que se cumplan las exigencias establecidas por norma, normalmente en función del tipo de recintos que separen y sus diferentes usos.

El aislamiento acústico aumenta en relación directa con el peso unitario de los muros, y por tanto, con su espesor y la densidad de los materiales empleados.

Para la definición de los elementos constructivos que proporcionan el aislamiento acústico a ruido aéreo, deben conocerse sus valores de masa por unidad de superficie, m , y de índice global de reducción acústica, ponderado A , R_A , y, para el caso de ruido de impactos, además de los anteriores, el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, $L_{n,w}$. Los valores de R_A y de $L_{n,w}$ pueden obtenerse mediante mediciones en laboratorio según los procedimientos indicados en la normativa correspondiente. También debe conocerse el valor del índice de ruido día, L_d , de la zona donde se

ubique el edificio, valor que ofrece una aproximación del ruido exterior predominante de acuerdo a la situación del edificio y su entorno.

En ausencia de ensayo, puede decirse que el índice de reducción acústica ponderado A, proporcionado por un elemento constructivo de una hoja de materiales homogéneos, es función casi exclusivamente de su masa y son aplicables las siguientes expresiones (ley de masas):

$$R_A = 16,6 \cdot \log m + 5 \text{ (dBA)} ; \text{ si } m \leq 150 \text{ kg/m}^2$$

$$R_A = 36,5 \cdot \log m - 38,5 \text{ (dBA)} ; \text{ si } m \geq 150 \text{ kg/m}^2$$

Siendo m la masa por unidad de superficie, expresada en kg/m²

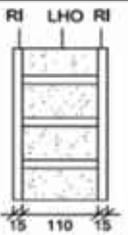
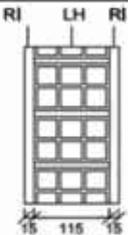
Tal como se ha expuesto, el hormigón es un material de construcción con una elevada densidad, lo que favorece su comportamiento acústico, especialmente si lo comparamos con otros materiales normalmente empleados. Esta mayor densidad permite ejecutar estos paramentos sin necesidad de disponer bandas perimetrales con el fin de evitar la transmisión del sonido que se produce con otros materiales, como el ladrillo cerámico.

A cada elemento constructivo la reglamentación le exige, según su posición y función dentro del edificio, las prestaciones acústicas que debe tener.

| | Recinto receptor | Recinto emisor | Requisitos CTE DB-HR (dBA) |
|--|-------------------|---|--|
| Ruido aéreo | Recinto protegido | Misma unidad de uso en edificios de uso residencial privado | $R_A \geq 33$ |
| | | No perteneciente a la misma unidad de uso (y no comparten puertas o ventanas) | $D_{nT,A} \geq 50$ |
| | | No perteneciente a la misma unidad de uso (y sí comparten puertas o ventanas) | $R_A \text{ puerta} \geq 30$ $R_A \text{ muro} \geq 50$ |
| | | Recinto de instalaciones o recinto de actividad | $D_{nT,A} \geq 55$ |
| | Exterior | $D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ a 51 en función de ruido predominante (L_d), tipo de edificio y % huecos fachada. | |
| | Recinto habitable | Recinto en la misma unidad de uso en edificios de uso residencial privado | $R_A \geq 33$ |
| | | Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y sin puerta o ventana | $D_{nT,A} \geq 45$ |
| Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y con puerta o ventana | | $R_A \text{ puerta} \geq 20$ $R_A \text{ muro} \geq 50$ | |
| Recinto de instalaciones o recinto de actividad | | $D_{nT,A} \geq 45$ | |
| Paredes medianeras entre edificios | | $D_{2m,nT,Atr} \geq 40$ cada cerramiento o $D_{2m,nT,Atr} \geq 50$ ambos cerramientos juntos. | |
| Ruido impactos | Recinto protegido | Otra unidad de uso, zona común o recinto habitable | $L'_{nT,w} \leq 65$ |
| | | Recinto de instalaciones o recinto de actividad | $L'_{nT,w} \leq 60$ |

Tabla 18. Exigencias del CTE para cada recinto.

EN EL ANEXO I SE INCLUYE UNA SELECCIÓN DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS Y SUS PRESTACIONES.

| Sección | Hoja de fábrica HF | HE ⁽⁷⁾ | HR ⁽⁸⁾ | |
|--|--------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | | R (m ² K/W) | R _A (dBA) | m (kg/m ²) |
|  | LHO AD-P | 0,16 | 44 | 180 |
| | LHO AD-M | 0,12 | 48 | 228 |
| | LHO AL-P | 0,36 | 42 | 160 |
|  | LH | 0,28 | 40 [42] | 127 [160] |
|  | LP | 0,23 | 42 [44] | 150 [161] |

HF hoja de fábrica
 LH ladrillo cerámico hueco
 LP ladrillo cerámico perforado
 LHO ladrillo de hormigón
 AD-P de áridos densos perforado
 AD-M de áridos densos macizo
 AL-P de áridos ligeros perforado
 RI revestimiento interior (guamecido o enlucido)

(7) Los valores de R expresados en la tabla no incluyen las resistencias térmicas superficiales. Para obtener la resistencia térmica de la solución, sería necesario sumar 0,26 m²K/W al valor expresado en la tabla.

(8) Los valores de m corresponden a la masa por unidad de superficie de la fábrica con sus enlucidos por ambas caras. Para obtener el valor de m de particiones sin enlucir, deben restarse 30 kg/m² al valor expresado en la tabla. Los valores de R_A que figuran en la tabla se aplican a particiones enlucidas por ambas caras. Para obtener el valor de R_A de particiones sin enlucir, deben restarse 2 dBA al valor expresado en la tabla. Cuando figuran dos valores de m y R_A, el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio que tiene en cuenta la amplitud de los productos existentes en el mercado.

Tabla 19. Comparativa entre prestaciones de ladrillo de hormigón y ladrillo cerámico, considerando igualdad de espesores, según CTE.

Por su parte, la N.C.M.A. (National Concrete Masonry Association de Estados Unidos), utiliza para medir el aislamiento, dos tipos de curvas diferenciadas:

- CURVAS S.T.L. (Sound Transmission Loss), que dan la pérdida de transmisión del sonido para cada frecuencia. La medida de dichos valores, da el coeficiente STL. El cálculo de dichas curvas y el procedimiento de ensayo se basa en la norma ASTM E-90-85. Este concepto es equivalente al aislamiento acústico al ruido aéreo, ya explicado anteriormente.

Debido al hecho de que materiales diferentes pudieran tener coeficientes STL idénticos, aun cuando sus curvas STL no fueran iguales (debido a la caída del aislamiento a una frecuencia dada, o lo que es igual al hoyo acústico), se utilizan más las curvas S.T.C.

- CURVAS S.T.C. (Sound Transmission Class), que se determinan comparando las pérdidas de transmisión obtenidas según distintas frecuencias con unas curvas estándar.

El coeficiente STC es la pérdida de transmisión del sonido a la frecuencia de 500 Hz.

Valiéndose de las condiciones de absorción y aislamiento, los muros de fábrica de bloques se utilizan corrientemente como barreras antirruído, para proteger zonas determinadas de los ruidos producidos en vías de tráfico y autopistas. Según ensayos realizados por la NCMA en una autopista de cuatro carriles, con una densidad de tráfico de 5.000 vehículos por hora, un 5% de vehículos pesados y una velocidad mínima de 85 km/h, se demostró que con el receptor a una altura de 1,20 m sobre el nivel del suelo, el nivel del ruido medido para una distancia de unos 30 metros entre fuente

y receptor, bajaba de 76 dBA hasta 61 dBA, interponiendo entre ambos una barrera de 4 metros de altura, espesor 30 cm, realizada con bloques huecos de hormigón.

En estas mediciones, se usó como índice de valoración del ruido, el nivel L10' que es el nivel sonoro en dBA que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de observación.

Como valores orientativos, la antigua NBE-CA-88, daba una tabla de valores del nivel L10 en dBA, medidos en el borde de la calzada y a una altura sobre el suelo de 1,20 metros, sin utilizar ninguna barrera antirruído.

| TIPO DE VÍA | NIVEL L ₁₀ (dBA) |
|--|-----------------------------|
| Calle adoquinada en cuesta. Tráfico muy denso. 30% vehículos pesados. | 88 |
| Calle asfaltada horizontal. Tráfico muy denso. 3% vehículos pesados. | 82 |
| Calle asfaltada horizontal. Tráfico poco denso. 10% vehículos pesados. | 77 |

Tabla 20. Nivel acústico según el tipo de vía (antigua NBE-CA-88).

De cualquier forma, el ruido producido por el tráfico, es función de muchas variables: altura y distancia del punto de recepción respecto al de la fuente; distorsión de las sondas sónicas debidas al viento y al terreno; la absorción del sonido por el aire; la influencia de objetos que interfieren y la naturaleza misma de la fuente emisora. Otras causas tales como la composición del tráfico, velocidad de los vehículos, número de carriles, pendiente de la vía y tipo de pavimento, se suman a los primeros.

Con tal panorama, la construcción de una barrera antirruído, tal como un simple muro, no proporciona una total "sombra acústica", debido al hecho de que la energía sonora se escapa por la coronación del muro por difracción.

Para que una barrera de este tipo sea efectiva, debe tener una pérdida de transmisión de sonido más baja que la reducción requerida del ruido, esto es, que debe prevenir que el ruido pase a través de ella. Los muros fabricados con bloques de hormigón sirven especialmente para este cometido, ya que además de impedir el paso del sonido (buen aislamiento acústico) poseen un coeficiente de absorción del sonido elevado. Hay casos, en los cuales el empleo de una superficie muy densa, reflejaría el sonido hacia la fuente emisora, con efectos contraproducentes y molestos en vías de locomoción cerradas, tales como los túneles.

Control de ejecución de puesta en obra frente al ruido:

Se controlarán los siguientes aspectos:

- Deben rellenarse las llagas y los tendeles con mortero según las especificaciones del fabricante de las piezas.
- En el caso de elementos de separación verticales formados por dos hojas de fábrica separadas por una cámara, debe cepillarse la fábrica para evitar que las rebabas de mortero formen una conexión rígida entre las hojas. El material absorbente acústico o amortiguador de vibraciones situado en la cámara debe rellenarla en toda su superficie. Debe fijarse el material absorbente o amortiguador a una de las hojas, para evitar el desplazamiento del material dentro de la cámara.

- Deben retacarse con mortero las rozas hechas para paso de instalaciones, de tal manera que no se disminuya el aislamiento inicialmente previsto.
- Los acabados superficiales, especialmente pinturas, aplicados sobre los elementos constructivos diseñados para acondicionamiento acústico, no deben modificar las propiedades absorbentes acústicas de éstos.

6.5. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

Según su comportamiento ante el fuego, el los bloques de hormigón son de modo general no combustibles, euroclase A1 (de acuerdo a la norma UNE-EN 13501-1). Equivalente a una clase MO de acuerdo a la anterior UNE 23727.

Los bloques resisten eficientemente frente a la acción del fuego, superando normalmente los ensayos de 120 minutos sin deteriorarse a partir del grueso de 14 cm (60 minutos), de 19 cm (120 minutos), en ambos casos sin contar con revestimiento alguno.

Conforme a las clasificaciones europeas (euroclases) se tienen en cuenta tres aspectos a la hora de considerar los materiales:

- R (resistencia): indica el tiempo durante el cual un elemento es capaz de mantener su función portante. Aplicable a elementos estructurales.
- E (integridad): indica el tiempo durante el cual un elemento es capaz de mantenerse como barrera al paso de la llama y de los gases. Aplicable a elementos separadores de diferentes sectores de incendio.
- I (aislamiento): indica el tiempo durante el cual un elemento es capaz de mantenerse como barrera al paso del calor. Aplicable a elementos separadores de diferentes sectores de incendio.

Estos factores se combinan entre sí para caracterizar las propiedades de los diferentes elementos, unidos a la cifra en minutos, que es capaz de mantener dichas propiedades.

REI-t, indica que un elemento mantiene los tres criterios durante t minutos.

RE-t, indica que mantiene la R y la E durante t minutos.

EI-t, indica que mantiene la E y la I durante t minutos.

E-t, indica que mantiene la E durante t minutos.

R-t, indica que mantiene la R durante t minutos.

A cada elemento constructivo la reglamentación le exige, según su posición y función dentro del edificio, la respuesta que debe tener frente al fuego, con un tiempo determinado para los factores de resistencia, integridad y aislamiento. Un elemento que cumple dos o más funciones frente al fuego deberá satisfacer las exigencias mínimas de cada una de esas funciones.

| Resistencia al fuego de las paredes que delimitan sectores de incendio ⁽¹⁾ | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|-------------|--------|
| Uso previsto | Planta bajo rasante | Planta sobre rasante | | |
| | | Altura de evacuación (m) | | |
| | | h ≤ 15 | 15 ≤ h ≤ 28 | h > 28 |
| Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso | No se admite | EI 120 | EI 120 | EI 120 |
| Residencial vivienda Residencial público Docente Administrativo | EI 120 | EI 60 | EI 90 | EI 120 |
| Comercial Pública concurrencia Hospitalario | EI 120 | EI 90 | EI 120 | EI 180 |
| Aparcamiento ⁽²⁾ | EI 120 ⁽³⁾ | EI 120 | EI 120 | EI 120 |

(1) Considerando la acción del fuego en el interior del sector, excepto en el caso de los sectores de riesgo mínimo, en los que únicamente es preciso considerarla desde el exterior del mismo.
(2) Resistencia al fuego exigible a las paredes que separan al aparcamiento de zonas de otro uso.
(3) EI 180 si es un aparcamiento robotizado.

Tabla 21. Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas, exigidas por el CTE.

En las tablas siguientes figuran los grados de resistencia ante la exposición térmica según la curva normalizada tiempo-temperatura, de los muros y de los tabiques de una hoja, sin revestir y enfoscados con mortero de cemento o guarnecidos con yeso, con espesores de 1,5 cm como mínimo.

La clasificación que figura en las tablas para cada elemento no es la única que le caracteriza, sino únicamente la que está disponible. Por ejemplo, una clasificación EI asignada a un elemento no presupone que el mismo carezca de capacidad portante ante la acción del fuego y que, por tanto, no pueda ser clasificado también como REI, sino simplemente que no se dispone de dicha clasificación.

Para soluciones constructivas formadas por dos o más hojas puede adoptarse como resistencia al fuego el conjunto, la suma de valores correspondientes a cada hoja.

En el caso de muros de bloques que contengan hormigón armado en el interior de sus huecos, o bien armaduras de tendel o costillas de refuerzo, hay que asegurar que exista al menos, un recubrimiento de 2 cm de mortero sobre las armaduras respecto del paramento exterior del muro para resistir el fuego.

La resistencia al fuego que aportan los muros de bloques de hormigón, ante la exposición térmica según la curva normalizada tiempo-temperatura, depende de factores como:

- El tipo de cámara que lleve el muro (simple o doble);
- El tipo de árido que compone el bloque de hormigón (silíceo, calizo, volcánico, arcilla expandida);
- El revestimiento, si el muro va sin revestir, enfoscado por ambas caras, o guarnecidos, etc.;
- El espesor nominal del muro.

La determinación de la resistencia al fuego de las estructuras de fábrica puede realizarse conforme a lo establecido en el ENV 1996-1-2. Eurocódigo 6: Diseño estructuras de fábrica Parte 1-2: Resistencia al fuego, documento del Comité Europeo de la Normalización (CEN).

El “2006 Internacional Building Code” americano establece una tabla de resistencia al fuego de fábrica resistente y no resistente en función del tipo de árido y del espesor equivalente (volumen neto de la pieza dividido por la longitud y por la altura).

No obstante, algunos fabricantes de bloques de hormigón deciden realizar ensayos propios frente al fuego para caracterizar sus propios elementos, como forma para que estos sean más competitivos en el mercado.

Las normativas disponen de tablas que fijan unos valores predefinidos de la resistencia al fuego que ofrecen los productos de construcción, como es el caso de los bloques de hormigón.

| Tipo de cámara | Tipo de árido | Tipo de revestimiento | Espesor nominal en mm | Resistencia al fuego |
|--|-------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Simple | Silíceo | Sin revestir | 100 | EI-15 |
| | | | 150 | REI-60 |
| | | | 200 | REI-120 |
| | Calizo | Sin revestir | 100 | EI-60 |
| | | | 150 | REI-90 |
| | | | 200 | REI-180 |
| | Volcánico | Sin revestir | 120 | EI-120 |
| | | | 200 | REI-180 |
| | | | Guarnecido por las dos caras | |
| Guarnecido por la cara expuesta (enfoscado por la cara exterior) | | | REI-240 | |
| Doble | Arcilla expandida | Sin revestir | 150 | EI-180 |
| | | Guarnecido por las dos caras | 150 | RE-240 / REI-80 |

Tabla 22. Resistencia al fuego según tipos y groesos de muros de fábrica de bloque, indicadas por el CTE.

Otras normativas en lugar de referenciarse en el espesor nominal, se apoyan en el espesor real de material. De esta forma los fabricantes ajustan la sección neta (volumen de hormigón con respecto al volumen total del bloque), a efectos de lograr la resistencia al fuego que requiera.

| Mínimo espesor equivalente en mm para distintos tiempos de resistencia al fuego de paredes de mampostería de hormigón | | | | |
|---|---------------------------------|-----|-----|-----|
| Conjunto de pared o Tabique Elementos enmarcados en la pared o en el tabique ninguno o no combustibles | | | | |
| Unidades de mampostería hormigón | Mínimo espesor equivalente (mm) | | | |
| | 4 h | 3 h | 2 h | 1 h |
| Cenizas expandidas o áridos de pómez | 119 | 102 | 81 | 53 |
| Arcillas expandidas o áridos de pizarra | 145 | 122 | 97 | 66 |
| Caliza, cenizas o áridos a base de cenizas no expandidas | 150 | 127 | 102 | 69 |
| Pizarra expandida, arcilla o pizarra (procedimiento de cámara rotativa) | 136 | 114 | 100 | 66 |
| Gravas calcáreas | 157 | 135 | 107 | 71 |
| Gravas silíceas | 170 | 145 | 114 | 76 |

Nota (a). Cuando se utilicen productos combustibles en la pared, ésta debe ser hecha de un espesor o construida de tal forma que el espesor del material sólido entre el final de cada miembro y cara opuesta de la pared, o entre miembros colocados por lados opuestos, no sea menos que 93% del espesor que se indica en la tabla.

Nota (b). El espesor nominal mínimo de paredes de mampostería de hormigón portantes (sin incluir el espesor del enfoscado) no puede ser menor de 150 mm para paredes simples y no menor de 250 mm (2 paredes de 100 mm más cavidad de 50mm) para paredes huecas. Para información adicional se recomienda consultar las especificaciones del lugar.

Tabla 23. Tiempos estimados de resistencia al fuego de la mampostería de hormigón, considerando espesores equivalentes, indicadas por el CTE.

Control de ejecución de puesta en obra frente al fuego:

Se controlarán los siguientes aspectos:

- Recubrimientos mínimos protección contra el fuego en muro cortafuego.
- Estanqueidad a transmisión del fuego en juntas de locales estancos.

7. DURABILIDAD DE LAS FÁBRICAS

7.1. CONTROL DE FISURAS

Las fisuras en edificios y materiales de construcción normalmente son el resultado de la restricción de movimientos. Estos movimientos pueden originarse dentro del material, como con los cambios de volumen debido a la variación de humedad, de temperatura o contracción, o el resultado de movimientos de materiales adyacentes o estructurales. En muchos casos, el movimiento es inevitable y debe ser acomodado o controlado.

Un diseño efectivo contra fisuraciones requiere la comprensión de las fuentes que originan el estrés que puede causar grietas. Esto sería un asunto sencillo si hubiese sólo una variable, sin embargo, su prevención se hace más compleja por el hecho de que las fisuras a menudo resultan de una combinación de fuentes.

CAUSAS

Hay una gran variedad de posibles causas para la fisuración. Entender la causa de una fisuración potencial permite al diseñador incorporar procedimientos de diseño adecuados para controlarlo. Las causas más comunes de grietas en la fábrica de bloque de hormigón son las siguientes:

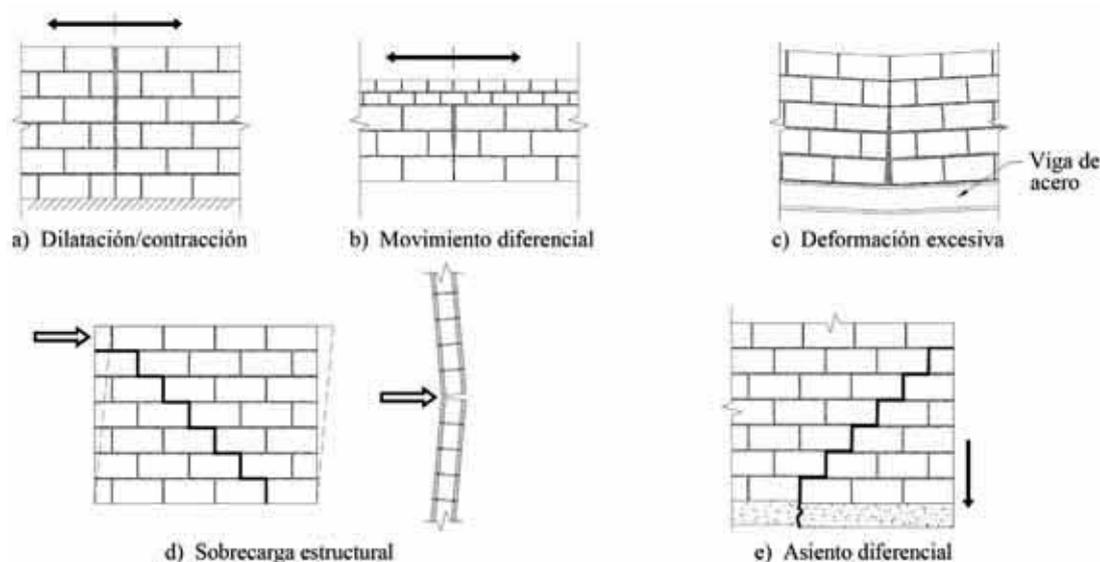


Ilustración 165. Causas de fisuración de la fábrica.

Dilataciones y retracciones

CAMBIOS DE HUMEDAD

Las fisuras resultantes de la contracción pueden ocurrir en muros de fábrica de hormigón debido al proceso de secado, a fluctuaciones de temperatura y a la carbonatación. Estas grietas se producen cuando la fábrica ve restringidos los movimientos.

Los productos de hormigón están compuestos de una matriz de partículas agregadas por cemento que las mantiene unidas. Una vez endurecida esta matriz cementosa se expande con el incremento de la humedad, y se contrae con el descenso de humedad.

A pesar de que el mortero de juntas, el mortero de relleno y las propias piezas de la fábrica, son todos el mismo material básico, está comprobado que la retracción de las piezas de la fábrica son el factor predominante en el comportamiento del conjunto, ya que proporcionalmente representan la mayor parte de la fábrica. Por este motivo el comportamiento de la pieza empleada en la fábrica es el empleado normalmente para establecer los criterios y el diseño para controlar las fisuraciones.

Los principales factores a considerar para determinar el comportamiento de la fábrica frente a los cambios de humedad son:

- Las fábricas ejecutadas con piezas más húmedas experimentarán mayores retracciones que las ejecutadas con piezas completamente secas;
- Un mayor contenido de cemento aumenta las retracciones;
- Los áridos susceptibles de modificar su volumen debido al contenido de humedad producirán mayores movimientos con las variaciones de humedad;
- Las piezas que han pasado por un ciclo de secado sufrirán menores retracciones con posteriores secados.

El coeficiente estándar de retracción oscila entre 0.00020-0.00045 mm/mm ó 2.1-4.5 mm por cada 10 m de muro.

CAMBIOS DE TEMPERATURA

El movimiento de la fábrica es proporcional a los cambios de temperatura. El coeficiente de dilatación empleado normalmente en el diseño es de 0.000081 mm/mm/°C. Sin embargo este valor puede variar entre 0.000045-0.000099 mm/mm/°C dependiendo principalmente del tipo de áridos empleados en la fabricación de las piezas de fábrica. Otros factores tales como la situación geográfica, orientación, exposición y color, pueden afectar.

Como ejemplo de los rangos normales de movimiento, se puede considerar que un muro de 10 m de longitud, construido a una temperatura ambiente de 21°C, puede verse sometido a una temperatura mínima de -18°C, lo que originará una retracción aproximada de 3.2 mm.

CARBONATACIÓN

La carbonatación es un proceso irreversible que consiste en la reacción química entre materiales cementosos y el dióxido de carbono atmosférico, que se produce lentamente durante años.

Dado que no se dispone de un método estandarizado para cuantificar la retracción por carbonatación, se puede estimar un valor de 0.00025 mm/mm ó 2.5 mm por cada 10 m de muro.

Movimiento diferencial

Los diferentes materiales que forman un edificio reaccionan de diferente manera ante los cambios de temperatura, humedad o movimientos estructurales. Siempre que se combinan materiales con diferentes propiedades dentro de un muro, existe un riesgo potencial de aparición de fisuras debido a los movimientos diferenciales. En cuanto a los muros de bloque de hormigón es importante tener en cuenta otros dos materiales: el ladrillo cerámico y las estructuras de acero.

Cuando se combinan el ladrillo cerámico y el bloque de hormigón se deben considerar los movimientos diferenciales entre ambos, ya que el bloque de hormigón tiene tendencia a contraerse mientras que el ladrillo cerámico tiene tendencia a expandirse.

Los muros compuestos, formados por dos o más hojas, actuando estructuralmente como un elemento único, tienen sus hojas vinculadas normalmente por piezas actuando como llaves de unión dispuestas a intervalos determinados por cálculo. Cuando estos muros incluyen hoja/s de distintos materiales, como bloque de hormigón y ladrillo cerámico, estas hojas deben vincularse mediante armaduras de tendel. Al mismo tiempo la hoja de ladrillo contará con juntas de dilatación coincidiendo con las juntas de movimiento de la fábrica de bloque.

Cuando se emplean hiladas de diferentes materiales en un mismo muro, el movimiento diferencial de ambos puede producir la aparición de fisuras entre ellos si no se toman medidas para acomodar estos movimientos. Para reducir la fisuración se pueden tomar las siguientes medidas, de forma aislada o combinada:

- Juntas de deslizamiento entre ambos materiales;
- Refuerzos horizontales;
- Aumentar las juntas de movimiento.

Los movimientos debidos a los cambios térmicos también deben ser tenidos en cuenta cuando se une la fábrica de bloque con estructura de acero. Además de la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica de ambos materiales, la geometría de los perfiles de acero laminado tienen una superficie exterior en proporción a su volumen muy superior, lo que les hace reaccionar más rápidamente frente a los cambios de temperatura. Para evitar la aparición de fisuras se deben proyectar conexiones flexibles o deslizantes entre ambos elementos.

Deformaciones excesivas

Desde el momento en que muros y vigas se deforman frente a las cargas estructurales, es posible la aparición de fisuras.

La deformación del elemento estructural sobre el que se apoya una fábrica puede inducir fisuras en ella. Para evitar estas fisuras se pueden tomar las siguientes medidas:

- Añadir armadura de refuerzo en la fábrica que evite la fisuración y/o limite su tamaño;
- Reducir la deformación del elemento estructural, modificando la estructura para conseguir flechas menores de $L/600$;

- Disponer juntas de movimiento para dividir la fábrica en tramos de forma efectiva, de modo que sea posible compatibilizarla con la deformación de la estructura.

Sobrecargas

Cualquier muro puede verse sometido a acciones exteriores que lo sobrecarguen, tales como empujes de viento, sismo, etc. La fisuración debida a estas acciones debe ser evitada desde el proyecto, mediante un correcto cálculo y diseño de la fábrica.

Asientos

Los asientos diferenciales se producen cuando parte de la cimentación del edificio desciende debido a un terreno deficiente.

Para evitar la aparición de fisuras se debe contar con un correcto estudio del terreno y un diseño de la cimentación adecuado.

Durante la ejecución de la cimentación se debe tener preferencia por suelos naturales sin alterar, excepto cuando se trate de suelos inconsistentes, evitando zonas de relleno, raíces, hielo, escombros, etc. Las capas inadecuadas y los elementos indeseados deben retirarse, sustituyéndose por tierra o grava compactada, u hormigón.

7.2. AMBIENTE DE EXPOSICIÓN

Los problemas de corrosión que la humedad genera en los componentes metálicos, sólo puede evitarse empleando acero con el adecuado recubrimiento frente a la corrosión, en función del grado de la agresividad del medio ambiente, y de la situación concreta del componente metálico en el interior de la fábrica, es decir, según que el componente metálico esté embebido en el hormigón (barras corrugadas), embebido en mortero (armaduras prefabricadas de tendel) o al aire (llaves, anclajes y fijaciones).

Para ello se tendrá en cuenta:

- Dosificación cemento del hormigón/mortero empleado y recubrimiento.
- Acero sin proteger la hoja interior del muro.
- Galvanizado sobre el acero (nº de micras).
- Capa epoxi sobre el acero galvanizado.
- Acero inoxidable (aleaciones).
- Grueso mínimo de recubrimiento de hormigón para evitar la corrosión.

En el EC-6 y el CTE, existen un conjunto de tablas para evitar la corrosión según sea el tipo de acero empleado y su ubicación específica, que se reproducen a continuación.

| Clase y designación | | Tipo de proceso | | Descripción | Ejemplos |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--|--|---|
| Interior | No agresiva | I | Ninguna | Interiores de edificios no sometidos a condensaciones | Interiores de edificios, protegidos de la intemperie |
| Exterior | Humedad media | IIa | Carbonatación del conglomerante. Principio de sabulización de los ladrillos y expansión de núcleos de cal | Exteriores sometidos a la acción del agua en zonas con precipitación media anual inferior a 600mm. | Exteriores protegidos de la lluvia |
| | Humedad alta | IIb | Carbonatación rápida del conglomerante. Sabulización de los ladrillos y expansión de los núcleos de cal | Interiores con humedades relativas <65% o condensaciones o con precipitación media anual superior a 600mm. | Exteriores no protegidos de la lluvia. Sótanos no ventilados cimentaciones |
| Medio marino | marino aéreo | IIIa | Corrosión de las armaduras por cloruros. Sabulización de los ladrillos y expansión de núcleos de cal. | Proximidad al mar por encima del nivel de pleamar. Zonas costeras | Proximidad a la costa. Pantalanes, obras de defensa litoral e instalaciones portuarias. |
| | Marino sumergido | IIIb | Corrosión de las armaduras por cloruros. Sulfatación y destrucción por expansividad del conglomerante y de los derivados del cemento. Sabulización de los ladrillos y expansión de los núcleos de cal. | Por debajo del nivel mínimo de bajamar permanentemente. Terrenos ricos en sulfatos. | Recorrido de la marea en diques, pantalanes y obras de defensa litoral. |
| | Marino alterado | IIIc | Corrosión rápida de las armaduras por cloruros. Sulfatación y destrucción por expansividad del conglomerante y de los derivados del cemento. | Zonas marinas situadas en el recorrido de carrera de mareas | Ídem III b. |
| Otros cloruros (no marinos) | | IV | Ídem que III c Sulfatación y carbonatación | Agua con un contenido elevado de cloro. Exposición a sales procedentes del deshielo | Piscinas. Zonas de nieve (alta montaña). Estaciones de tratamiento de aguas |

Tabla 24. Clases generales de exposición (CTE).

| Elementos | Clases de exposición | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-----|-----|------|------|------|----|-------------|----|----|---|---|---|
| | Generales | | | | | | | Específicas | | | | | |
| | I | IIa | IIb | IIIa | IIIb | IIIc | IV | Qa | Qb | Qc | H | F | E |
| Piezas | | | | | | | | | | | | | |
| Ladrillo macizo o perforado. Extrusión. Categoría I | - | - | - | - | - | - | - | - | R | R | - | R | R |
| Ladrillo macizo o perforado. Extrusión. Categoría II | - | D | - | D | D | R | R | D | R | R | R | D | X |
| Ladrillo macizo o perforado artesanal. Categorías I ó II | - | D | D | R | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Bloque de hormigón espumado | - | D | D | X | X | X | X | X | X | X | D | X | X |
| Bloque de hormigón con cemento CM III y CEM IV | - | - | - | - | - | - | R | R | R | R | R | R | R |
| Morteros | | | | | | | | | | | | | |
| Cemento Portland CEM I con plastificante | - | - | - | X | X | X | - | X | X | X | - | X | - |
| Cemento adición CEM II con plastificante | - | - | - | R | R | R | R | R | R | R | - | R | - |
| Horno alto y/o puzolánico CEM III y /o CEM IV con plastificante | - | - | - | - | - | - | - | - | R | R | - | - | - |
| Mixto de CEM II y cal | - | R | R | X | X | X | X | X | X | X | X | R | X |
| De cal | - | R | R | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Elementos de enlace | | | | | | | | | | | | | |
| Acero inox austenítico | - | - | - | - | - | - | X | - | R | X | - | - | - |
| Acero inox ferrítico | - | D | R | R | X | X | X | X | X | X | R | R | R |
| Acero autoprotegido cincado de 140 µm (1000gr/m ²) | - | D | D | R | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Acero autoprotegido cincado de 90 µm (600gr/m ²) | - | D | D | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Acero autoprotegido grueso cincado 20 µm (140gr/m ²) | - | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Acero cincado < 20 µm protegido con resina | - | R | R | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

-: sin restricciones; R: con algunas reservas; D: puede emplearse si se protege; X: no debe usarse

Tabla 25. Restricciones de uso de los componentes de las fábricas, en función de su exposición (CTE).

| Tipo de exposición | Espesor mínimo del recubrimiento de hormigón en mm. | | | |
|--------------------|--|------|------|------|
| | Relación agua / cemento no mayor que | | | |
| | 0,65 | 0,55 | 0,50 | 0,45 |
| | Contenido de cemento (kg/m ³) no menor que | | | |
| | 260 | 280 | 300 | 300 |
| 1 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 2 | - | 25 | 25 | 25 |
| 3 | - | - | 40 | 40 |
| 4 | - | - | 40 | 40 |
| 5 | - | - | - | 40 |

| Tipo de exposición | Espesor mínimo del recubrimiento de hormigón en mm. | | | |
|--------------------|--|------|------|------|
| | Relación agua / cemento no mayor que | | | |
| | 0,65 | 0,55 | 0,50 | 0,45 |
| | Contenido de cemento (kg/m ³) no menor que | | | |
| | 260 | 280 | 300 | 300 |
| 1 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 2 | - | 25 | 25 | 25 |
| 3 | - | - | 40 | 40 |
| 4 | - | - | 40 | 40 |
| 5 | - | - | - | 40 |

Siendo los tipos de exposición los siguientes:

Tipo 1: Ambiente seco, como el interior de edificios para viviendas y oficinas. Incluye la hoja interior que no pueda mojarse de un muro capuchino exterior.

Nota: este tipo de exposición es válido sólo si tanto la fábrica como sus componentes no están expuestos durante la ejecución a condiciones más duras durante un prolongado periodo de tiempo.

Tipo 2: Ambiente húmedo sin heladas, interior, como el de una lavandería, o exterior. Incluye los elementos en suelos o aguas no agresivos.

Tipo 3: Ambiente húmedo con heladas.

Tipo 4: Ambiente marino, con elementos parcial o totalmente sumergidos en agua salada, o en zonas de asote de mar, o expuestos a aire saturado de sal en zonas costeras, expuestos o no a heladas.

Tipo 5: Ambiente químicamente agresivo, en forma gaseosa, líquida o sólida. Incluye elementos en suelos agresivos.

Tabla 26. Recubrimiento mínimo de hormigón para armaduras de acero al carbono sin protección.

| Clase de exposición (Ver Tabla A.1) | Piezas de fábrica conglomeradas. Según EN 771-3 | |
|--|---|---|
| | (De áridos densos) Mortero. Ver B.1(2) | (De áridos ligeros) Mortero. Ver B.1(2) |
| MX1 ⁽²⁾⁽³⁾ | Cualquiera: P, M ó S | Cualquiera: P, M ó S |
| MX2.1 | Cualquiera: P, M ó S | Cualquiera: P, M ó S |
| MX2.2 | Cualquiera: P, M ó S | Cualquiera: P, M ó S |
| MX3.1 | Resistente a hielo / deshielo: M ó S | Resistente a hielo / deshielo: M ó S |
| MX3.2 | Resistente a hielo / deshielo: S | Resistente a hielo / deshielo: S |
| MX4 | En cada caso, calcular el grado de exposición a sales, humedad, ciclo de hielo / deshielo, y consultar al fabricante del bloque. | |
| MX5 | En cada caso, habrá que tomar medidas específicas en función del grado de concentración del ambiente químico agresivo envolvente, y consultar al fabricante del bloque. | |

NOTAS: Mortero para uso en: Exposición Baja (P); Exposición Moderada (M); Exposición Fuerte (S).

1) En cada recuadro de la Tabla, la línea superior indica el material de fábrica y la inferior el mortero aceptable para cada clase de exposición.

2) La clase MX1, sólo será válida siempre que los bloques no queden expuestos durante la ejecución a condiciones más severas y durante un periodo prolongado.

3) Cuando se especifica el mortero P, es esencial asegurarse de que los bloques, el mortero y la fábrica, durante la construcción, estén protegidas frente al agua de saturación y a las heladas.

Tabla 27. Especificaciones de recepción de piezas de fábrica aglomeradas y morteros con respecto a su durabilidad.

| Clase | Microcondiciones de la fábrica | Ejemplos de fábricas en esta condición |
|-------|---|---|
| MX1 | Ambiente seco | Interior de edificios de vivienda y oficinas, incluyendo la hoja interior del muro exterior de dos hojas cuando se prevea que no pueda humedecerse. |
| | | Muros exteriores de fábrica enfoscados, sin exponer a lluvia abundante y separados de la humedad con impermeabilizantes de muros o materiales contiguos. |
| MX2 | Ambiente húmedo sin heladas | |
| MX2.1 | Expuesto a humedecerse pero no a ciclos de hielo y deshielo ni a agentes externos con significativos sulfatos químicos agresivos. | Muros interiores expuestos a elevados grados de vapor de agua como en una lavandería. Muros exteriores de fábrica cubiertos con albardillas o aleros sobresalientes, no expuestos a severas condiciones de lluvia o hielo. Muros con posibilidad de helarse en zonas bien drenadas y con suelos no agresivos. |
| MX2.2 | Expuesto a mojarse pero no a ciclos de hielo y deshielo ni a agentes externos con significativos niveles de sulfatos químicos agresivos. | Muros no expuestos a las heladas ni a las agresiones químicas, localizados: en muros exteriores con albardillas que vuelan o enrasadas; en petos; muros de cercado; bajo el agua. |
| MX3 | Ambiente húmedo con heladas | |
| MX3.1 | Expuesto a humedecerse o mojarse, con ciclos de hielo y deshielo, pero sin exponer a agentes externos con significativos niveles de sulfatos químicos agresivos. | Fábrica de la clase MX2.1, expuesta a ciclos de hielo y deshielo. |
| MX3.2 | Expuesto a severas condiciones de mojarse, con ciclos de hielo y deshielo, pero sin exponer a agentes externos con significativos niveles de sulfatos químicos agresivos. | Fábrica de la clase MX2.2, expuesta a ciclos de hielo y deshielo. |
| MX4 | Ambiente marino | Fábrica en áreas de costa y muros junto a vías que se deshuelan con sal en invierno. |
| MX5 | Ambiente químicamente agresivo | Fábrica en contacto con suelos naturales o terrenos rellenados, donde hay abundantes niveles de humedad con presencia de sulfatos. |
| | | Fábrica en contacto con suelos de elevada acidez, con humedad contaminada. Fábricas junto a áreas industriales con ambiente aéreo químico muy agresivo. |

NOTA 1: A la hora de decidir el grado de exposición a aplicar a la fábrica, se tendrá en cuenta el tipo de acabado y los posibles chapados de protección.

Tabla 28. Clasificación de las microcondiciones de exposición de la fábrica terminada (EC-6).

En cualquier caso:

- el espesor mínimo del recubrimiento de mortero respecto al borde exterior, no será menor que 15 mm, según la Ilustración 166,
- el recubrimiento de mortero, por encima y por debajo de la armadura de tendel, no sea menor que 2 mm, como se indica en la Ilustración 166, incluso para los morteros de junta delgada,
- la armadura se dispondrá de modo que se garantice la constancia del recubrimiento,

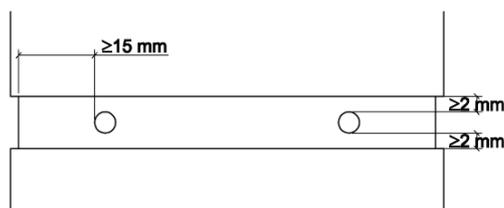


Ilustración 166. Recubrimientos mínimos de la armadura de tendel.

Los extremos cortados de toda barra que constituya una armadura, excepto las de acero inoxidable, tendrán el recubrimiento que le corresponda en cada caso o la protección equivalente.

En el caso de cámaras rellenas o aparejos distintos de los habituales, el recubrimiento será no menor que 20 mm ni de su diámetro.

| Material ⁽¹⁾ | Ref. N ^o | Clase de Exposición | | | | |
|---|---------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | MX1 | MX2 | MX3 | MX4 | MX5 |
| Acero inoxidable aus tenítico (aleaciones de molibdeno, cromo y níquel) | 1 | U | U | U | U | R |
| Plástico empleado en el cuerpo de las llaves | 2 | U | U | U | U | R |
| Acero inoxidable austenítico (aleaciones cromo níquel) | 3 | U | U | U | R | R |
| Acero inoxidable ferrítico | 4 | U | X | X | X | X |
| Fósfor bronce | 5 | U | U | U | X | X |
| Aluminio bronce | 6 | U | U | U | X | X |
| Cobre | 7 | U | U | U | X | X |
| Galvanizado (940 g/m ²) alambre de acero | 8 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (940 g/m ²) componente de acero | 9 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (710 g/m ²) componente de acero | 10 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (460 g/m ²) componente de acero | 11 | U | R | R | R | X |
| Galvanizado (300 g/m ²) acero en banda o chapa con acabado de recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | 12.1 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (300 g/m ²) acero en banda o chapa con acabado de recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | 12.2 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (265 g/m ²) alambre de acero | 13 | U | R | R | X | X |
| Galvanizado (300 g/m ²) banda de acero o chapa con recubrimiento orgánico en todos los bordes recortados | 14 | U | R | R | X | X |
| Pre-galvanizado (300g/m ²) banda de acero o chapa | 15 | U | R | R | X | X |
| Galvanizado(137g/m ²) banda de acero o chapa con recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | 16.1 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado(137g/m ²) banda de acero o chapa con recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | 16.2 | U U U R | X | | | |
| Pre-galvanizado (137g/m ²) banda de acero o chapa con bordes galvanizados | 17 | U | R | R | X | X |
| Galvanizado (60g/m ²) alambre de acero con recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | 18 | U | R | R | R | X |
| Galvanizado (105g/m ²) alambre de acero | 19 | U | R | R | X | X |
| Galvanizado (60g/m ²) alambre de acero | 20 | U | X | X | X | X |
| Pre-galvanizado (137g/m ²) chapa de acero | 21 | U | X | X | X | X |

CLAVE:

U Sin restricción de uso del material en la clase de exposición especificada.

R Restringido el uso, consultar al fabricante o al consulting especializado para establecer las condiciones de diseño específicas para poder aplicarse.

X Material no recomendado para usar en la clase de exposición especificada.

Tabla 29. CTE SE-F (EC-6-2. TABLA C.1): Sistemas de protección frente a la corrosión para llaves, amarres, bridas y colgadores en relación a las clases de exposición (también válido para anclajes y fijaciones).

| Material (1) | Ref. N° | Clase de Exposición | | | | |
|---|---------|---------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | MX1 | MX2 | MX3 | MX4 | MX5 |
| Acero inoxidable austenítico (aleaciones cromo níquel) | L3 | U | U | U | R | R |
| Galvanizado (710 g/m ²) componente de acero | L10 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (460 g/m ²) componente de acero | L11 | U | D | D | R | X |
| Galvanizado (460 g/m ²) componente de acero con capa orgánica en superficies superiores especificadas | L11.1 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (460 g/m ²) componente de acero con capa orgánica en superficies superiores especificadas | L11.2 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (300 g/m ²) acero en banda o chapa con acabado de recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | L12.1 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (300 g/m ²) acero en banda o chapa con acabado de recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | L12.2 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (300 g/m ²) banda de acero o chapa con recubrimiento orgánico en todos los bordes recortados | L14 | U | D | D | R | X |
| Galvanizado(137g/m ²) banda de acero o chapa con recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | L16.1 | U | D | D | R | X |
| Galvanizado(137g/m ²) banda de acero o chapa con recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | L16.2 | U | U | U | R | X |
| Hormigón u hormigón y fábrica | A | U | U | R | R | R |
| Hormigón u hormigón y fábrica | B | U | U | R | R | X |
| Hormigón u hormigón y fábrica | C | U | U | R | X | X |
| Hormigón u hormigón y fábrica | D | U | U | X | X | X |
| Hormigón u hormigón y fábrica | E | U | X | X | X | X |
| Hormigón o fábrica con armado de acero inoxidable | F | U | U | R | R | R |
| Hormigón curado en autoclave con una capa de sistema de protección sobre el armado. | G | U | R | R | R | R |

CLAVE:

- U Sin restricción de uso del material en la clase de exposición especificada.
- R Restringido el uso, consultar al fabricante o al consulting especializado para establecer las condiciones de diseño específicas para poder aplicarse.
- D Con una lámina impermeabilizante sobre el dintel, no hay restricción de usos (U).
Sin una lámina impermeabilizante sobre el dintel, su uso es restringido (R).
- X Material no recomendado para usar en la clase de exposición especificada.

NOTA 1: Las especificaciones completas sobre el material, su tratamiento anticorrosión o su recubrimiento de mortero del N° de Ref. y letra, se dan en la Norma EN 845-2.
El peso de los tratamientos contra la corrosión, son valores aproximados por unidad de superficie.

Tabla 30. CTE SE-F (EC-6-2. TABLA C.2): Sistemas de protección frente a la corrosión para llaves, amarres, bridas y colgadores en relación a las clases de exposición.

| Material ⁽¹⁾ | Ref. N° | Clase de Exposición | | | | |
|--|---------|---------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | MX1 | MX2 | MX3 | MX4 | MX5 |
| Acero inoxidable austenítico (aleaciones de molibdeno, cromo y níquel) | R1 | U | U | U | U | R |
| Acero inoxidable austenítico (aleaciones cromo níquel) | R3 | U | U | U | R | R |
| Galvanizado (265 g/m ²) alambre de acero | R13 | U | R | R | X | X |
| Galvanizado (60g/m ²) alambre de acero con recubrimiento orgánico sobre todas las superficies exteriores de acabado del componente | R18 | U | U | U | R | X |
| Galvanizado (105g/m ²) alambre de acero | R19 | U | R | R | X | X |
| Galvanizado (60g/m ²) alambre de acero | R20 | U | X | X | X | X |
| Pre-galvanizado (137g/m ²) chapa de acero | R21 | U | X | X | X | X |

CLAVE:

- U Sin restricción de uso del material en la clase de exposición especificada.
- R Restringido el uso, consultar al fabricante o al consulting especializado para establecer las condiciones de diseño específicas para poder aplicarse.
- X Material no recomendado para usar en la clase de exposición especificada.

NOTA 1: Las especificaciones completas sobre el material, su tratamiento anticorrosión o su recubrimiento de mortero del N° de Ref. y letra, se dan en la Norma EN 845-3.

El peso de los tratamientos contra la corrosión, son valores aproximados por unidad de superficie.

Tabla 31. CTE SE-F (EC-6 TABLA C.3): Sistemas de protección frente a la corrosión para armaduras de tendel en relación con las clases de exposición.

8. CONTROLES DE RECEPCIÓN Y DE PUESTA EN OBRA

8.1. CONTROLES DE RECEPCIÓN DE MATERIALES

Los controles de recepción para piezas de bloque de hormigón son los siguientes:

- Curado previo del material servido en obra.
- Identificación previa y comprobación del albarán.
- Lotes y muestras.
- Ensayos de control.
- Características físicas de las piezas: resistencia, impermeabilidad, color...

Los controles de recepción para morteros y hormigones:

- Control de recepción de morteros premasados.
- Control de recepción de hormigones.

Los controles de recepción para componentes metálicos:

- Control de recepción de barras.
- Control de recepción de armaduras de tendel.
- Control de recepción de costillas.
- Control de recepción de llaves, anclajes y fijaciones.

8.2. CONTROLES DE PUESTA EN OBRA

Los controles de puesta en obra referentes a la funcionalidad y durabilidad son los siguientes:

- Frente a la humedad:
 - . Organización del muro.
 - . Componentes metálicos.
- Frente a la temperatura.
- Frente al fuego.
- Frente al ruido.

Los controles de puesta en obra referentes al comportamiento estructural son los siguientes:

- Continuidad del armado por solapado entre zapatas y pilastras armadas.
- Ancho apoyo del forjado sobre el muro de carga: zuncho y negativos.
- Remate del zuncho de borde sobre el muro de arriostamiento.
- Material aislante de separación para libre movimiento entre estructura y cerramiento.
- Juntas horizontales de movimiento bajo los forjados en cerramiento/partición.

- Anclajes con libertad de movimiento adecuada entre muro y estructura.

- Disposición adecuada de armado para resistencia y control de fisuración.

8.3. CONTROL DE RECEPCIÓN DE LA FÁBRICA

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones antes de recibir finalmente la fábrica ejecutada:

1.- La fábrica se construirá aplomada y nivelada con los tendeles horizontales a menos que el proyectista especifique otra cosa.

2.- Las tolerancias consideradas en la Norma Experimental UNE-ENV 1996-1-1:1997 son las indicadas en la siguiente tabla:

| Tolerancias para elementos de fábrica | |
|---|--|
| Posición | Tolerancia, en mm |
| Desplome: En la altura del piso En la altura total del edificio Axialidad | + 20 mm. + 50 mm. - 20 mm. |
| Planeidad: (1) En un metro En 10 metros | + 5 mm. + 20 mm. |
| Espesor: De la hoja del muro (2) Del muro capuchino | El mayor valor entre ± 25 mm. ó + del espesor de la hoja +10 mm. |
| <p>NOTA 1: La planeidad se mide como la máxima desviación a partir de una línea recta que une dos puntos cualesquiera del elemento de fábrica.</p> <p>NOTA 2: Excluyendo las hojas cuyo espesor sea la soga o el tizón de la pieza de fábrica, donde las tolerancias dimensionales de las piezas de fábrica determinan el espesor de la hoja.</p> | |

Tabla 32. Tolerancias para elementos de fábrica.

3.- Se deben emplear los valores de la tabla anterior para satisfacer los supuestos del proyecto estructural cuando la especificación de proyecto no facilite las tolerancias.

9. MERCADO CE DE BLOQUES DE HORMIGÓN

9.1. GENERALIDADES

La Directiva de Productos de la Construcción contempla las obligaciones de los Estados miembros de la Unión Europea de adoptar determinadas reglas y actuaciones en el ámbito de cada Estado, dirigidas a eliminar obstáculos a los intercambios comerciales de productos de construcción dentro del territorio comunitario, fundadas en el principio de libre circulación de bienes.

A tal efecto, el R.D. 1630/92 y su modificación con el R.D. 1328/95 regulan las condiciones que los productos de construcción deben cumplir para poder importarse, comercializarse y utilizarse dentro del territorio español de acuerdo con la mencionada Directiva.

En ningún caso se podrá considerar el mercado CE como una Marca de Calidad, ni una Marca de origen de la Unión Europea, simplemente declara la conformidad de un producto con determinados conceptos de seguridad establecidos por las Normas Europeas, de acuerdo con las Directivas comunitarias.

Un correcto mercado implica que el fabricante deberá:

- Realizar los ensayos iniciales de tipo.
- Tener un control de producción implantado.
- Realizar la declaración de conformidad CE.

El mercado CE indica la conformidad del producto respecto a sus características para que la obra a la que se vaya a incorporar pueda satisfacer los requisitos esenciales de la Directiva de Productos de Construcción que le afectan y con las especificaciones técnicas de la norma armonizada correspondiente (en el caso de bloques de hormigón la UNE EN 771-3). El mercado CE es un requisito indispensable para la comercialización de los bloques de hormigón en su país de fabricación y dentro de la Unión Europea, y es obligatorio desde el 1 de abril de 2006.

En concreto, el mercado CE para bloques contempla las siguientes 12 características:

- Dimensiones.
- Tolerancia dimensional.
- Configuración.
- Resistencia a compresión.
- Estabilidad dimensional.
- Resistencia a la adherencia a cortante.

- Resistencia a la adherencia a flexión.
- Reacción al fuego.
- Absorción de agua por capilaridad.
- Permeabilidad al vapor de agua.
- Aislamiento acústico contra el ruido aéreo.
- Resistencia térmica (o conductividad térmica).
- Durabilidad frente al hielo / deshielo.
- Sustancias peligrosas.

9.2. EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

El sistema de verificación de la conformidad es función de con qué categoría declare el fabricante los bloques de hormigón:

- Pieza para fábrica de albañilería de categoría I: su resistencia a compresión declarada tiene una probabilidad de fallo no superior al 5%. Se declara la resistencia característica.
- Pieza para fábrica de albañilería de categoría II: no cumple con el nivel de confianza de los elementos de categoría I. Se declara la resistencia media.

El marcado CE será exactamente igual de válido para cualquiera de las dos posibilidades, solo que la decisión de seguir el sistema 2+ (categoría I) implica que el fabricante asume un nivel más alto de compromiso y control.

Independientemente del sistema de evaluación seguido, el fabricante tiene que disponer necesariamente de un sistema de control de producción en fábrica que garantice la adecuación de la producción a las normas armonizadas.

9.3. MARCADO Y ETIQUETADO

Dadas las características de los bloques, el lugar más adecuado para el marcado CE podría ser el embalaje del palet (directamente o con una etiqueta adherida).

El símbolo del marcado CE a estampar debe ir acompañado de la siguiente información.

- Número de identificación del Organismo Notificado (para Sistema de Conformidad 2+).
- Nombre o marca identificativa del fabricante.
- Dirección registrada del fabricante.

- Dos últimas cifras del año de impresión del marcado.
- Certificado de Control de Producción en Fábrica (para Sistema de Conformidad 2+).
- El número de esta norma “UNE-EN 771-3”.
- Descripción del producto: nombre genérico, material, dimensiones,...y uso previsto.
- Información sobre las características a declarar.

| Categoría | Sistema | Tareas del Fabricante | Tareas del Organismo Notificado | Documentos del mercado CE |
|-----------|---------|--|--|---|
| I | 2+ | <ul style="list-style-type: none"> - Ensayo inicial de tipo - Control de producción en fábrica - Ensayo de muestras tomadas en la fábrica de acuerdo con un plan determinado de ensayos | Certificación de control de producción en fábrica en base a: <ul style="list-style-type: none"> - Inspección inicial - Vigilancia, evaluación y autorización permanente del control de producción en fábrica (inspecciones periódicas) | <ul style="list-style-type: none"> - Declaración de conformidad del fabricante - Certificado del control de producción en fábrica |
| II | 4 | <ul style="list-style-type: none"> - Ensayo inicial de tipo - Control de producción en fábrica | N/A | <ul style="list-style-type: none"> - Declaración de conformidad del fabricante |

Tabla 33. Resumen del mercado CE según categorías.

9.4. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD CE

Este documento obligatorio es por el que el fabricante se responsabiliza ante terceros de que ha realizado el marcado CE correctamente.

La Declaración de Conformidad CE debe incluir:

- Nombre y dirección del fabricante o su representante legal establecido en la Unión Europea y del lugar de producción.
- Descripción del Producto (tipo, identificación, uso,...) y una copia de la información que acompaña al marcado CE.
- Disposiciones con las que el producto es conforme (por ejemplo, la Norma UNE-EN 771-3).
- Condiciones particulares aplicables al uso del producto (cuando sea necesario).
- Nombre y cargo del firmante de la declaración (por el fabricante).
- Firma y fecha.

Cuando aplique un Sistema de Conformidad 2+ esta Declaración debe ir acompañada del Certificado del Control de Producción en fábrica, redactado por el Organismo Notificado, que debe contener además de la información anteriormente mencionada, la siguiente:

- Nombre y dirección del Organismo Notificado.
- Número del Certificado del Control de Producción en Fábrica.
- Condiciones y periodo de validez del certificado, cuando proceda.
- Nombre y cargo de la persona autorizada a firmar el Certificado.

10. CÁLCULO

10.1. PRINCIPIOS GENERALES

En este capítulo se sintetizan algunos de los sistemas de cálculo manual que puede emplearse en los casos ordinarios de muros de fábrica.

Puesto que el cálculo de los muros de fábrica como elementos que soportan cargas laterales es relativamente novedoso y a partir de la entrada en vigor del nuevo Código Técnico de la Edificación se hace necesario, será este un tema a tratar de esta sección.

Los muros tradicionalmente se han analizado como elementos estructurales a compresión en su comportamiento original como muros de carga. Con la aparición de elementos estructurales de mucha mayor eficacia como el hormigón este uso de la fábrica ha ido mutándolo hasta convertirlo en un muro más esbelto que casi soporta en exclusiva acciones laterales. Este nuevo comportamiento no había sido recogido en normativa técnica hasta la aparición del Eurocódigo 6, documento de ámbito europeo, y casi transcrito literalmente al CTE SE-F, documento de ámbito exclusivamente español. En los puntos sucesivos se analizarán los sistemas que estos documentos proponen para el cálculo de estos muros-cerramiento.

| Resistencia normalizada de las piezas, f_b (N/mm ²) | 5 | | 10 | | 15 | | 20 | | 25 |
|---|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|
| Resistencia del mortero, f_m (N/mm ²) | 2,5 | 3,5 | 5 | 7,5 | 7,5 | 10 | 10 | 15 | 15 |
| Bloques aligerados | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Bloques huecos | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |

Ilustración 167. Resistencia característica a la compresión de la fábrica f_k (N/mm²). (CTE).

10.2. PAÑOS TIPO

Una primera aproximación al diseño resistente de muros de fábrica nos lleva a una primera decisión entre las dos técnicas básicas de armado:

1. Tradicionalmente, los muros de bloque de hormigón se han regido por la antigua NTE-FFB de bloques. Esta norma habla sobre el armado que se ejecuta normalmente en fábrica de bloque consistente en formar una red de pilastras y zunchos horizontales que estructuran el muro. Estos elementos se conforman mediante hormigonado de los huecos propios del bloque y armado interior de los mismos con armadura de acero corrugado.

A partir de ahora se entenderán estos sistemas como armado tradicional, el formado por zunchos y pilastras de fábrica armada.

2. De reciente aparición es la opción de armar dentro de los tendeles y llagas aprovechando la propia construcción de la fábrica con mortero para embeber armaduras galvanizadas o inoxidable.

10.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Aunque la caracterización de una fábrica es difícil, se pueden tomar unas características básicas para ejemplificar los cálculos. Si se quiere aplicar con más rigor el cálculo habrá que ir al CTE SE-F o al EC-6 y aplicar las distintas tablas para definir los parámetros específicos de la misma.

Una propuesta de datos tipo sería:

- Piezas de fábrica de hormigón La resistencia normalizada mínima a compresión de las piezas será de 5N/mm^2 . No obstante, pueden aceptarse piezas con una resistencia normalizada a compresión inferior, hasta 4N/mm^2 en fábricas sustentantes y 3N/mm^2 en fábricas sustentadas, siempre que, o se limite la tensión de trabajo a compresión en estado límite último al 75% de la resistencia de la fábrica, f_b , o bien se realicen estudios específicos sobre la resistencia a compresión de la misma.

- Fábricas de bloque hueco de hormigón:

- . Tipo de bloque: BHH 39x19x19cm ó BHH 39x14x19 cm.
- . Tipo de mortero: mortero realizado con cemento Portland.
- . Espesor de las juntas: menor o igual a 1 cm.
- . Resistencia característica de la fábrica a compresión: $f_{dm}= 4\text{N/mm}^2$. (CTE SE-F Tb:4.4).
- . Resistencia característica a flexión por tendeles (Fig.4.1. del CTE SE-F):
 - . $f_{xk1}=0,10\text{N/mm}^2$ (CTE SE-F Tb:4.6) (paralelo a los tendeles)
 - . $f_{xk2}=0,40\text{N/mm}^2$ (CTE SE-F Tb:4.6) (perpendicular a los tendeles)
- . Resistencia característica a corte puro de la fábrica: $f_{vk}=0,20\text{N/mm}^2$ (CTE SE-F Tb:4.5)

- Armaduras corrugadas (en zunchos y pilastras):

Armaduras corrugadas tipo B-500 S, con un valor de límite elástico garantizado de 500N/mm^2 (UNE ENV 10080:1996).

- Armaduras prefabricadas de tendel:

Armaduras de tendel tipo cercha Murfor RND.4/Z150mm con acabado galvanizado constituidas por alambre de 4 ó 5mm de diámetro, de acero tipo B-500S, con un valor de límite elástico garantizado de 500N/mm^2 (UNE EN 845-3:2001).

10.4. BASES DE CÁLCULO

Las soluciones de cálculo de cualquier muro han de cumplir satisfactoriamente cuatro requisitos fundamentales:

- Resistencia y estabilidad frente a los esfuerzos a los que esté sometida. Normalmente peso y carga lateral si se trata de elementos de cerramiento.
- Control de fisuración: Este control se puede realizar dotando al paño de resistencia a tracción con armaduras de tendel. La fisuración producida por efectos higrotérmicos se controla armando con el 0,03% de la sección de la fábrica con separaciones máximas de 600 mm (según CTE SE-F apartado 7.5).
- Para evitar el agrietamiento por posibles deformaciones de la base de apoyo de la fábrica, se aconseja armar los tres primeros tendeles.
- Durabilidad: los elementos utilizados han de cumplir los requisitos exigidos para garantizar su resistencia a los agentes externos como la humedad. Tabla 3.3 CTE SE-F.

Los procedimientos de análisis y dimensionado de elementos utilizados son, en general, los establecidos por la Resistencia de Materiales; y, en particular, en lo que se refiere a la determinación de esfuerzos de flexión en fábricas, y al dimensionado de la armadura, los expuestos en el CTE SE-F.

El procedimiento de comprobación utilizado es el conocido como “Método de los Estados Límite”, que constituye el método unificado por todos los Eurocódigos relativos a materiales estructurales.

En los apartados siguientes se analiza y justifica el cumplimiento del estado límite de agotamiento, que conduce al dimensionado propuesto.

El cumplimiento de los estados límite de utilización (deformación y fisuración) queda garantizado; por un lado, limitando las dimensiones máximas de los paños en función de su espesor y; por otro, disponiendo la cuantía mínima de armadura para prevenir fisuración.

10.5. NORMATIVA

Los criterios de cálculo vienen regulados por la normativa de aplicación. Este documento refleja las exigencias dentro del ámbito español.

EC-6: “Proyecto de Estructuras de Fábrica, Parte 1-1 (ENV 1996-1-1): Reglas generales para edificios. Reglas para fábrica y fábrica armada; y Parte 1-3 (ENV 1996-1-3): Reglas generales para edificios. Reglas detalladas para acciones laterales”.

CTE SE-F: Seguridad Estructural: Fábrica.

10.6. ACCIONES Y COEFICIENTES

Aunque al igual que en las características de los materiales estas acciones y coeficientes pueden variar tomaremos los más comunes.

Los valores de acciones que se consideran en el dimensionado son los siguientes:

Acción gravitatoria:

- Densidad de la fábrica $\rho=13 \text{ kN/m}^3$.

Acción horizontal:

- Carga lateral equivalente: $w = 0,2 / 0,4 / 0,6 / 0,8 \text{ kN/m}^2$ de viento, según ubicación y condicionantes de la obra.
- Para muros esbeltos en interiores, se aconseja una carga de $0,2 \text{ kN/m}^2$.

En el método de cálculo desarrollado, la seguridad se ha introducido a través de los siguientes coeficientes:

- Coeficiente de seguridad de la fábrica: $\gamma_m=2,5$
- Coeficiente de minoración del acero: $\gamma_s=1,15$.
- Coeficiente de ponderación de acciones: $\gamma_f=1,50$ desfavorable variable $\gamma_f=0,80$ favorable permanente ($\gamma_f=1,0$ según EC-6 Tabla 2.2).

10.7. CÁLCULO TIPO. CÁLCULO DE COMPORTAMIENTO DE PLACA SEGÚN EC-6 Y CTE SE-F

En el procedimiento de cálculo para muros con acciones laterales del CTE SE-F, se establece sin embargo un procedimiento de cálculo según rotura de placas, el mismo existente ya en el Eurocódigo 6.

Este procedimiento se basa en el prorrateo de los momentos flectores del muro según sus dos direcciones principales marcadas por la alineación o perpendicularidad con los tendeles de la fábrica.

Para este cálculo tipo se supone que los elementos conformantes de la fábrica armada tienen una estructura más o menos uniforme en cada una de las dos direcciones del tendel, ya que empleando armaduras de tendel prefabricadas en forma de cercha, los materiales van a trabajar en armonía constructiva, es decir no se va a producir, debido al comportamiento individual de cada uno de los componentes, una rotura del comportamiento global.

El método de cálculo que propone el CTE SE-F para muros con acciones laterales es de aplicación también para este tipo de fábrica, puesto que la hipótesis de trabajo sería la misma.

Para facilitar el procedimiento de prorrateo de momentos en la fábrica se ha condensado en una serie de tablas que establecen la distribución de momentos según las dos direcciones determinadas por la configuración básica de toda fábrica tradicional formada por tendeles horizontales y su relación de resistencia y la relación de los lados de la placa, siempre rectangular.

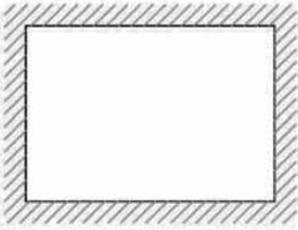
Con estos parámetros establece los coeficientes a aplicar entrando en las formulas:

$$M_{Sdx1} = \alpha \cdot q_d \cdot h^2 \text{ Rotura paralela a los tendeles.}$$

$$M_{Sdx2} = \mu \cdot \alpha \cdot q_d \cdot L^2 \text{ Rotura perpendicular a los tendeles.}$$

Para ver de dónde viene todo este procedimiento analicemos más en profundidad una de ellas, por ejemplo el caso de una placa simplemente apoyada en todos sus lados.

Ejemplificada en la tabla G.5 del actual Código Técnico, antigua E del Eurocódigo 6.



| μ | h/L | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 0,3 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | |
| 1 | 0,008 | 0,018 | 0,030 | 0,042 | 0,051 | 0,059 | 0,066 | 0,071 | |
| 0,9 | 0,009 | 0,019 | 0,032 | 0,044 | 0,054 | 0,062 | 0,068 | 0,074 | |
| 0,8 | 0,010 | 0,021 | 0,035 | 0,046 | 0,056 | 0,064 | 0,071 | 0,076 | |
| 0,7 | 0,011 | 0,023 | 0,037 | 0,049 | 0,059 | 0,067 | 0,073 | 0,078 | |
| 0,6 | 0,012 | 0,025 | 0,040 | 0,053 | 0,062 | 0,070 | 0,076 | 0,081 | |
| 0,5 | 0,014 | 0,028 | 0,044 | 0,057 | 0,066 | 0,074 | 0,080 | 0,085 | |
| 0,4 | 0,017 | 0,032 | 0,049 | 0,062 | 0,071 | 0,078 | 0,084 | 0,088 | |
| 0,35 | 0,018 | 0,035 | 0,052 | 0,064 | 0,074 | 0,081 | 0,086 | 0,090 | |
| 0,3 | 0,020 | 0,038 | 0,055 | 0,068 | 0,077 | 0,083 | 0,089 | 0,093 | |
| 0,25 | 0,023 | 0,042 | 0,059 | 0,071 | 0,080 | 0,087 | 0,091 | 0,096 | |
| 0,2 | 0,026 | 0,046 | 0,064 | 0,076 | 0,084 | 0,090 | 0,095 | 0,099 | |
| 0,15 | 0,032 | 0,053 | 0,070 | 0,081 | 0,089 | 0,094 | 0,098 | 0,103 | |
| 0,1 | 0,039 | 0,062 | 0,078 | 0,088 | 0,095 | 0,100 | 0,103 | 0,106 | |
| 0,05 | 0,054 | 0,076 | 0,090 | 0,098 | 0,103 | 0,107 | 0,109 | 0,110 | |

Tabla 34. Tabla G.5 CTE SE-F. Tabla E EC-6.

Los valores que da se pueden derivar del método clásico de líneas de rotura y trabajos virtuales considerando que el material funciona homogéneamente y después este esfuerzo se puede dividir según dos direcciones proporcionalmente a la resistencia de las mismas.

Así, para el caso de placa apoyada perimetralmente y la que las resistencias son iguales (material isótropo), el razonamiento sería:

$$h/L = \text{Variable}$$

$$\mu = 1 \text{ (línea superior de valores de la tabla)}$$

Según el método de los trabajos virtuales, el trabajo externo para llevar a cabo la rotura es el mismo que el interno a la estructura al realizar las deformaciones.

Para el caso de una placa como la figura, apoyada perimetralmente, el trabajo externo es el necesario para modificar la posición de sus centros de gravedad:

$$W \text{ (trabajo)} = \text{Fuerza} \cdot \text{movimiento}$$

$$\Sigma W_{\text{ext}} = 4 \cdot (q \cdot ((h \cdot (h/2))/2)) \cdot (w/3) + (q \cdot ((L-h) \cdot h)) \cdot (w/2)$$

$$\Sigma W_{\text{ext}} = (q \cdot h^2 \cdot w/3) + (q \cdot (L-h) \cdot h \cdot w)/2$$

Mientras que el trabajo interno realizado por la placa en su flexión a lo largo de las líneas de rotura es:

$$\Sigma W_{\text{int}} = 4 \cdot \text{Mu} \cdot (h/(\sqrt{2})) \cdot (2 \cdot (w/(h/(\sqrt{2})))) + \text{Mu} \cdot (Lh) \cdot 2 \cdot (w/(h/2))$$

$$\Sigma W_{\text{int}} = 8 \cdot \text{Mu} \cdot w + 4 \cdot \text{Mu} \cdot w \cdot ((L-h)/h)$$

Donde “Mu” es el momento último necesario para la rotura.

$$\Sigma W_{\text{ext}} = \Sigma W_{\text{int}}$$

Derivamos una fórmula que defina el momento último en función de las dimensiones, “L” y “h” de la placa:

$$M_u = q \cdot \left\{ \frac{h^2}{3} + \frac{((L-h) \cdot h)}{2} \right\} / \left\{ 8 + 4 \cdot \frac{(L-h)}{h} \right\}$$

Donde según la proporción entre las medidas:

$$L = h \gg M_u = 0.0417 \cdot q \cdot L^2 \quad \sim 0.042 \text{ En tabla}$$

$$L = 2h \gg M_u = 0.01735 \cdot q \cdot L^2 \quad \sim 0.018 \text{ En tabla}$$

$$L = 3h \gg M_u = 0.009.25 \cdot q \cdot L^2 \quad \sim 0.008 \text{ (para } L = 3.33h)$$

$$L \gg \infty \gg M_u = 0.125 \cdot q \cdot h^2$$

Momento isostático sólo vertical:

Hay que tener en cuenta que el cálculo se realiza para un muro ciego y homogéneo. Cualquier abertura o singularidad en el mismo condicionaría que las líneas de rotura cambiarán y con ellas el sistema de cálculo por lo que las tablas serían de utilidad nula en el nuevo caso.

Siguiendo este razonamiento se podrían derivar todos los coeficientes que aparecen en las sucesivas tablas del EC-6 y CTE SE-F.

Este tipo de cálculo no se puede utilizar para muros conformados con armado tradicional o con costillas, siendo el comportamiento de estos más parecido al análisis de estructuras emparrilladas de vigas.

Una forma de analizar estas fábricas consiste en analizar los distintos elementos, zunchos o costillas, con respecto a sus esfuerzos como si estos elementos fueran los únicos elementos resistentes del paño.

10.8. TABLAS DE DIMENSIONADO

10.8.1. TABLAS DE MUROS CON HORMIGÓN ARMADO

Tradicionalmente, los muros de bloque de hormigón se han regido por la antigua NTE-FFB de bloques.

Esta norma habla sobre el armado que se ejecuta normalmente en fábrica de bloque consistente en formar una red de pilastras y zunchos horizontales que estructuran el muro. Estos elementos se conforman mediante rellenos de hormigón H-25 de los huecos propios del bloque y armado interior de los mismos con barras de acero corrugado en armaduras longitudinales y estribos (B-500).

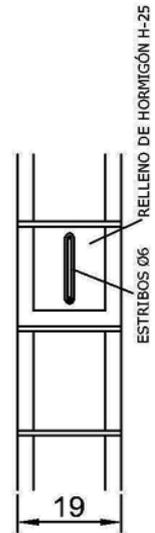
La distancia máxima entre pilastras, no supera en la NTE-FFB, los 2 m de separación. El cálculo tabulado aumenta algo esta distancia.

Tablas de Paños con Armado Tradicional

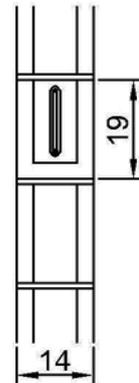
| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| TABLAS ORIENTATIVAS PARA ARMADO DE FABRICAS ANTE ACCIÓN LATERAL | | | | | |
| FÁBRICA DE CATEGORÍA DE BLOQUE "I" Y DE EJECUCIÓN "B", HORMIGÓN H-25, ACERO B-500 | | | | | |
| NOTA: LOS ESTRIBOS SERÁN DE DIAMETRO 6mm. *LA LUZ SE LIMITA A ESBELTEZ SEGÚN EHE 50.2.2.1 | | | | | |
| LA LUZ SE LIMITA EN NTE-FFB A 5 BLOQUES DE SEPARACIÓN TANTO EN HORIZONTAL COMO EN VERTICAL | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------------|------------|------------|-------------|-------------------|
| PILASTRAS VERTICALES | | | | | | |
| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x140x190mm / REDONDOS B-500 | | | | | | |
| DIMENSIÓN | | MÁXIMA SEPARACIÓN DE PILASTRAS (m) | | | | |
| VERTICAL (m) | | SOBRECARGA (kN/m ²) | | | | |
| | | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | ARMADO |
| 2,5 | | 2,43* | 2,43* | 2,43* | 2,43* | 4Ø 8 C/30 |
| 3 | | 2,43* | 2,43* | 2,43* | 2,25 | 4Ø 8 C/30 |
| 3,5 | | 1,98* | 1,98* | 1,98* | 1,98* | 4Ø 10 C/30 |
| 4 | | 1,96* | 1,96* | 1,96* | 1,96* | 4Ø 12 C/30 |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------------|
| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x190x190mm / REDONDOS B-500 | | | | | | |
| DIMENSIÓN | | MÁXIMA SEPARACIÓN DE PILASTRAS (m) | | | | |
| VERTICAL (m) | | SOBRECARGA (kN/m ²) | | | | |
| | | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | ARMADO |
| 2,5 | | 3,58* | 3,58* | 3,58* | 3,58* | 4Ø 8 C/30 |
| 3 | | 3,58* | 3,58* | 3,58* | 3,38 | 4Ø 8 C/30 |
| 3,5 | | 3,58* | 3,58* | 3,31 | 2,48 | 4Ø 8 C/30 |
| 4 | | 3,13* | 3,13* | 3,13* | 2,91 | 4Ø 10 C/30 |
| 4,5 | | 3,13* | 3,13* | 3,06 | 2,30 | 4Ø 10 C/30 |
| 5 | | 2,66* | 2,66* | 2,66* | 2,58 | 4Ø 12 C/30 |
| 5,5 | | 2,66* | 2,66* | 2,66* | 2,13 | 4Ø 12 C/30 |
| 6 | | 2,66* | 2,66* | 2,66* | 2,66* | 4Ø 16 C/30 |



| | | | | | | |
|--|--|---|-------------|-------------|-------------|------------------|
| ZUNCHOS HORIZONTALES | | | | | | |
| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x140x190mm / REDONDOS B-500 | | | | | | |
| SEPARACIÓN | | MÁXIMA SEPARACIÓN DE PILASTRAS O APOYOS ESTRUCTURALES (m) | | | | |
| VERTICAL | | SOBRECARGA (kN/m ²) | | | | |
| | | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | ARMADO |
| EQUIVALENTE | | 3,00* | 3,00* | 2,57 | 2,22 | 2Ø 6 C/30 |
| A 6 HILADAS | | | | | | |
| 1,2m | | | | | | |
| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x190x190mm / REDONDOS B-500 | | | | | | |
| NTE-FFB | | MÁXIMA SEPARACIÓN DE PILASTRAS O APOYOS ESTRUCTURALES (m) | | | | |
| TODOS LOS | | SOBRECARGA (kN/m ²) | | | | |
| | | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | ARMADO |
| ARMADOS | | 4,15* | 3,84 | 3,13 | 2,71 | 2Ø 6 C/30 |
| Ø 6mm | | | | | | |



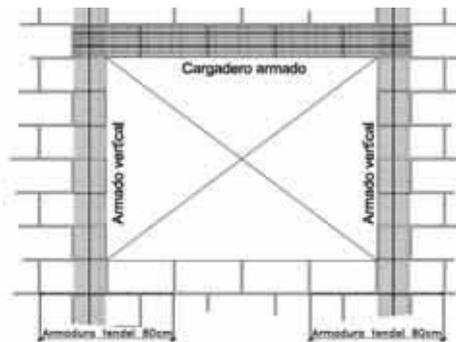
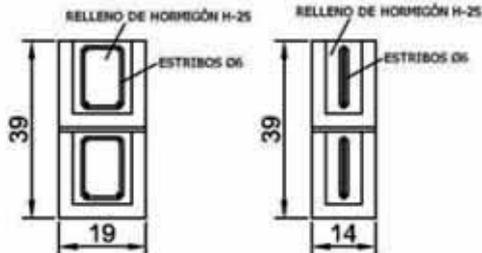
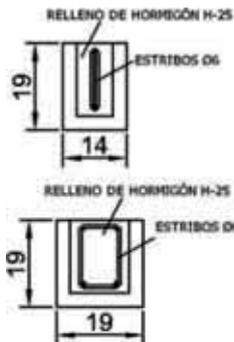
Tablas de Dinteles con Armado Tradicional

| TABLAS ORIENTATIVAS PARA ARMADO DE DINTELES DOBLES EN CARGA VERTICAL | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| HECHOS CON BLOQUES EN "U" (TIPO ZUNCHO) RELLENOS DE HORMIGÓN H-25 Y ARMADO CON BARRAS CORRUGADAS B-500. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTA: LA ARMADURA SUPERIOR DE DINTEL SERA DE DIAMETRO 6mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LOS ESTRIBOS SERÁN DE DIAMETRO 6mm. *LA LUZ SE LIMITA A ESBELTEZ SEGÚN EHE 50.2.2.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x140x190mm / REDONDOS B-500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ARMADO | MÁXIMO VANO (m) / DISTANCIA CERCOS (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| LONGITUDINAL (mm) | SOBRECARGA (kN/m) | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFERIOR | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | | | | | | | | |
| EN CADA ZUNCHO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1Ø 6 | 4,07* | C/30 | 1,52 | C/30 | 1,11 | C/30 | 0,91 | C/30 | 0,79 | C/30 | 0,71 | C/30 | 0,65 | C/30 | 0,56 | C/30 |
| 1Ø 8 | ▲ | C/30 | 2,03 | C/30 | 1,48 | C/30 | 1,22 | C/30 | 1,06 | C/30 | 0,95 | C/30 | 0,87 | C/30 | 0,75 | C/30 |
| 1Ø 10 | ▲ | C/30 | 2,54 | C/30 | 1,85 | C/30 | 1,52 | C/30 | 1,33 | C/30 | 1,19 | C/30 | 1,09 | C/30 | 0,94 | C/30 |
| 1Ø 12 | ▲ | C/30 | 3,01 | C/30 | 2,19 | C/30 | 1,81 | C/30 | 1,57 | C/30 | 1,41 | C/25 | 1,29 | C/25 | 1,12 | C/20 |
| 1Ø 16 | ▲ | C/30 | 3,14* | C/30 | 2,83 | C/25 | 2,33 | C/20 | 2,03 | C/15 | 1,82 | C/15 | 1,67 | C/15 | 1,45 | C/14 |

| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x190x190mm / REDONDOS B-500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| ARMADO | MÁXIMO VANO (m) / DISTANCIA CERCOS (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| LONGITUDINAL (mm) | SOBRECARGA (kN/m) | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFERIOR | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | | | | | | | | |
| EN CADA ZUNCHO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2Ø 6 | 3,92* | C/30 | 2,11 | C/30 | 1,55 | C/30 | 1,28 | C/30 | 1,12 | C/30 | 1,00 | C/30 | 0,92 | C/30 | 0,80 | C/30 |
| 2Ø 8 | ▲ | C/30 | 2,81 | C/30 | 2,07 | C/30 | 1,71 | C/30 | 1,49 | C/30 | 1,34 | C/30 | 1,23 | C/30 | 1,07 | C/30 |
| 2Ø 10 | ▲ | C/30 | 3,47 | C/30 | 2,55 | C/30 | 2,11 | C/30 | 1,84 | C/25 | 1,65 | C/20 | 1,51 | C/20 | 1,31 | C/15 |
| 2Ø 12 | ▲ | C/30 | ▲ | C/30 | 3,00 | C/30 | 2,49 | C/25 | 2,17 | C/15 | 1,95 | C/15 | 1,78 | C/15 | 1,55 | C/10 |
| 2Ø 16 | ▲ | C/30 | ▲ | C/30 | ▲ | C/15 | 2,56* | C/15 | 2,56* | C/10 | 2,47 | C/10 | 2,26 | C/10 | 1,96 | C/10 |

| TABLAS ORIENTATIVAS PARA ARMADO DE DINTELES EN CARGA VERTICAL | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| HECHOS CON BLOQUES EN "U" (TIPO ZUNCHO) RELLENOS DE HORMIGÓN H-25 Y ARMADO CON BARRAS CORRUGADAS B-500. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTA: LA ARMADURA SUPERIOR DE DINTEL SERA DE DIAMETRO 6mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LOS ESTRIBOS SERÁN DE DIAMETRO 6mm. *LA LUZ SE LIMITA A ESBELTEZ SEGÚN EHE 50.2.2.1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x140x190mm / REDONDOS B-500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ARMADO | MÁXIMO VANO (m) / DISTANCIA CERCOS (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| LONGITUDINAL (mm) | SOBRECARGA (kN/m) | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFERIOR | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | | | | | | | | |
| EN CADA ZUNCHO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1Ø 6 | 3,15 | C/30 | 1,08 | C/30 | 0,79 | C/30 | 0,65 | C/30 | 0,56 | C/30 | 0,51 | C/30 | 0,46 | C/30 | 0,40 | C/30 |
| 1Ø 8 | 3,95* | C/30 | 1,44 | C/30 | 1,05 | C/30 | 0,87 | C/30 | 0,75 | C/30 | 0,68 | C/30 | 0,62 | C/30 | 0,54 | C/30 |
| 1Ø 10 | ▲ | C/30 | 1,80 | C/30 | 1,31 | C/30 | 1,08 | C/30 | 0,94 | C/30 | 0,84 | C/30 | 0,77 | C/30 | 0,67 | C/30 |
| 1Ø 12 | ▲ | C/30 | 2,13 | C/30 | 1,55 | C/30 | 1,28 | C/30 | 1,11 | C/30 | 1,00 | C/25 | 0,91 | C/25 | 0,79 | C/20 |
| 1Ø 16 | ▲ | C/30 | 2,75 | C/30 | 2,00 | C/25 | 1,65 | C/20 | 1,44 | C/15 | 1,29 | C/15 | 1,18 | C/15 | 1,03 | C/12 |

| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x190x190mm / REDONDOS B-500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ARMADO | MÁXIMO VANO (m) / DISTANCIA CERCOS (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| LONGITUDINAL (mm) | SOBRECARGA (kN/m) | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFERIOR | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | | | | | | | | |
| EN CADA ZUNCHO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2Ø 6 | 3,82 | C/30 | 1,49 | C/30 | 1,10 | C/30 | 0,91 | C/30 | 0,79 | C/30 | 0,71 | C/30 | 0,65 | C/30 | 0,57 | C/30 |
| 2Ø 8 | ▲ | C/30 | 1,99 | C/30 | 1,47 | C/30 | 1,21 | C/30 | 1,06 | C/30 | 0,95 | C/30 | 0,87 | C/30 | 0,76 | C/30 |
| 2Ø 10 | ▲ | C/30 | 2,46 | C/30 | 1,81 | C/30 | 1,50 | C/30 | 1,30 | C/25 | 1,17 | C/20 | 1,07 | C/20 | 0,93 | C/15 |
| 2Ø 12 | ▲ | C/30 | 2,89 | C/30 | 2,13 | C/30 | 1,76 | C/25 | 1,54 | C/15 | 1,38 | C/15 | 1,26 | C/15 | 1,10 | C/10 |
| 2Ø 16 | ▲ | C/30 | ▲ | C/30 | 2,70 | C/15 | 2,23 | C/15 | 1,95 | C/10 | 1,75 | C/10 | 1,60 | C/10 | 1,29 | C/10 |



10.8.2. TABLAS DE MUROS CON ARMADURAS DE TENDEL

Tablas de Paños con Armado de Tendel, Rotura en Placa*



| TABLAS ORIENTATIVAS PARA APOYO SIMPLE EN PERIMETRO (TABLA G.5 DEL C.T.E.) | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|
| FÁBRICA DE CATEGORÍA DE BLOQUE "I" Y DE EJECUCIÓN "B", MORTERO M5 | | | | | | | | | | | | |
| LIMITADA SU DIMENSIÓN A 9m DE LUZ | | | | | | | | | | | | |
| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x140x190mm | | | | | | | | | | | | |
| MÁXIMA DIMENSIÓN HORIZONTAL (m) | | | | | | | | | | | | |
| DIMENSIÓN VERTICAL (m) | SIN ARMADO | | | | ARMADO MURFOR CADA 60cm (100mm) ARMADO CON RND-4 100 | | | | ARMADO MURFOR CADA 60cm (100mm) ARMADO CON RND-5 100 | | | |
| | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2,5 | 9 | 4 | 3,5 | 2,5 | 9 | 6 | 4 | 3 | 9 | 7,5 | 5 | 3,5 |
| 3 | 9 | 3,5 | 3 | 2,5 | 9 | 5 | 3,5 | 3 | 9 | 6 | 4,5 | 3,5 |
| 3,5 | 7,5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 8,5 | 4,5 | 3,5 | 2,5 | 9 | 5,5 | 4 | 3,5 |
| 4 | 6 | 3,5 | 2,5 | 2 | 7,5 | 4 | 3 | 2,5 | 8,5 | 5,5 | 4 | 3,5 |
| 4,5 | 5,5 | 3 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4 | 3 | 2,5 | 8,5 | 5,5 | 4 | 3,5 |
| 5 | 5 | 3 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4 | 3 | 2,5 | 8 | 5,5 | 4 | 3 |
| 5,5 | 5 | 3 | 2,5 | 2 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 7,5 | 5 | 3,5 | 3 |
| 6 | 4,5 | 3 | 2,5 | 2 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 7,5 | 5 | 3,5 | 3 |
| 6,5 | 4,5 | 3 | 2,5 | 2 | 6 | 3,5 | 3 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 7 | 4,5 | 3 | 2 | 2 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 7,5 | 4,5 | 3 | 2 | 2 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 8 | 4,5 | 3 | 2 | 2 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 8,5 | 4,5 | 3 | 2 | 2 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 9 | 4,5 | 2,5 | 2 | 2 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 9,5 | 4,5 | 2,5 | 2 | 2 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 10 | 4 | 2,5 | 2 | 2 | 5,5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 10,5 | 4 | 2,5 | 2 | 2 | 5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4 | 3,5 | 3 |
| 11 | 4 | 2,5 | 2 | 2 | 5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4 | 3,5 | 3 |
| 11,5 | 4 | 2,5 | 2 | 2 | 5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4 | 3,5 | 3 |
| 12 | 4 | 2,5 | 2 | 2 | 5 | 3,5 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4 | 3,5 | 3 |

| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x190x190mm / MURFOR RND.5.150mm | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|
| MÁXIMA DIMENSIÓN HORIZONTAL (m) | | | | | | | | | | | | |
| DIMENSIÓN VERTICAL (m) | SIN ARMADO | | | | ARMADO MURFOR CADA 60cm ARMADO CON RND-4 150 | | | | ARMADO MURFOR CADA 60cm ARMADO CON RND-5 150 | | | |
| | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2,5 | 9 | 8 | 5 | 4,5 | 9 | 7,5 | 4,5 | 4 | 9 | 8 | 5,5 | 4,5 |
| 3 | 9 | 7 | 4,5 | 3,5 | 9 | 6 | 4,5 | 3,5 | 9 | 7,5 | 5 | 4,5 |
| 3,5 | 9 | 6,5 | 4 | 3,5 | 9 | 5,5 | 4 | 3,5 | 9 | 6,5 | 5 | 4 |
| 4 | 9 | 5,5 | 4 | 3 | 8,5 | 5 | 4 | 3,5 | 9 | 6,5 | 4,5 | 4 |
| 4,5 | 9 | 5 | 4 | 3 | 7,5 | 5 | 4 | 3 | 9 | 6 | 4,5 | 4 |
| 5 | 8 | 5 | 3,5 | 3 | 7,5 | 5 | 3,5 | 3 | 9 | 6 | 4,5 | 4 |
| 5,5 | 7,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 7,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 9 | 6 | 4,5 | 4 |
| 6 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 6 | 4,5 | 4 |
| 6,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4,5 | 4 |
| 7 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4,5 | 4 |
| 7,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4,5 | 4 |
| 8 | 6,5 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4,5 | 4 |
| 8,5 | 6,5 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 9 | 6,5 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 9,5 | 6,5 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 10 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4 | 3,5 | 3 | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 10,5 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4 | 3,5 | 3 | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 11 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4 | 3,5 | 3 | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 11,5 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4 | 3 | 3 | 8 | 5 | 4,5 | 3,5 |
| 12 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4 | 3 | 3 | 8 | 5 | 4,5 | 3,5 |



TABLAS ORIENTATIVAS PARA APOYO SIMPLE EN PERIMETRO Y BORDE SUPERIOR LIBRE (TABLA G.4 DEL C.T.E.)
FÁBRICA DE CATEGORÍA DE BLOQUE "I" Y DE EJECUCIÓN "B", MORTERO M5
LIMITADA SU DIMENSIÓN A 9m DE LUZ Y A LA PROPORCIÓN MÁXIMA ENTRE MEDIDAD DENTRO DE LA TABLA G.4

| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x140x190mm | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|-----|
| DIMENSIÓN VERTICAL (m) | MÁXIMA DIMENSIÓN HORIZONTAL (m) | | | | | | | | | | | |
| | SIN ARMADO | | | | ARMADO MURFOR CADA 60cm (100mm) | | | | ARMADO MURFOR CADA 60cm (100mm) | | | |
| | ARMADO CON RND-4 100 | | | | ARMADO CON RND-5 100 | | | | ARMADO CON RND-5 100 | | | |
| | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2,5 | 5,5 | 3 | 2,5 | 2 | 6,5 | 4 | 3 | 2,5 | 8 | 5,5 | 4 | 3 |
| 3 | 5 | 3 | 2,5 | 2 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 8 | 5 | 4 | 3 |
| 3,5 | 4,5 | 3 | 2,5 | 2 | 5,5 | 3,5 | 3 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 4 | 4,5 | 3 | 2,5 | 2 | 5,5 | 3,5 | 3 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 4,5 | 4,5 | 3 | <> | <> | 5,5 | 3,5 | 3 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 5 | 4,5 | 3 | <> | <> | 5,5 | 3,5 | 3 | 2,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 5,5 | 4 | 3 | <> | <> | 5,5 | 3,5 | 3 | <> | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 6 | 4 | 3 | <> | <> | 5 | 3,5 | 2,5 | <> | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 |
| 6,5 | 4 | <> | <> | <> | 5 | 3,5 | <> | <> | 6,5 | 4,5 | 3,5 | <> |
| 7 | 4 | <> | <> | <> | 5 | 3,5 | <> | <> | 6,5 | 4,5 | 3,5 | <> |
| 7,5 | 4 | <> | <> | <> | 5 | <> | <> | <> | 6,5 | 4,5 | <> | <> |
| 8 | 4 | <> | <> | <> | 5 | <> | <> | <> | 6,5 | 4,5 | <> | <> |
| 8,5 | <> | <> | <> | <> | 5 | <> | <> | <> | 6,5 | 4,5 | <> | <> |
| 9 | <> | <> | <> | <> | 5 | <> | <> | <> | 6,5 | 4,5 | <> | <> |
| 9,5 | <> | <> | <> | <> | 5 | <> | <> | <> | 6,5 | <> | <> | <> |
| 10 | <> | <> | <> | <> | 5 | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> |
| 10,5 | <> | <> | <> | <> | <> | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> |
| 11 | <> | <> | <> | <> | <> | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> |
| 11,5 | <> | <> | <> | <> | <> | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> |
| 12 | <> | <> | <> | <> | <> | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> |

| MURO DE BLOQUE DE HORMIGÓN HUECO 390x190x190mm / MURFOR RND.5.150mm | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|-----|
| DIMENSIÓN VERTICAL (m) | MÁXIMA DIMENSIÓN HORIZONTAL (m) | | | | | | | | | | | |
| | SIN ARMADO | | | | ARMADO MURFOR CADA 60cm | | | | ARMADO MURFOR CADA 60cm | | | |
| | ARMADO CON RND-4 150 | | | | ARMADO CON RND-5 150 | | | | ARMADO CON RND-5 150 | | | |
| | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | | CARGA DE VIENTO (kN/m ²) | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2,5 | 8,5 | 5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4 | 3 | 9 | 6 | 4,5 | 4 |
| 3 | 7,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 7,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 9 | 6 | 4,5 | 4 |
| 3,5 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4,5 | 4 |
| 4 | 6,5 | 4 | 3,5 | 3 | 7 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4,5 | 4 |
| 4,5 | 6,5 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8,5 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 5 | 6 | 4 | 3 | 2,5 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 5,5 | 6 | 4 | 3 | <> | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 6 | 6 | 4 | 3 | <> | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 3 | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 6,5 | 6 | 4 | <> | <> | 6,5 | 4,5 | 3,5 | <> | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 7 | 6 | 4 | <> | <> | 6,5 | 4,5 | 3,5 | <> | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 7,5 | 6 | 4 | <> | <> | 6,5 | 4 | <> | <> | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 8 | 6 | 4 | <> | <> | 6,5 | 4 | <> | <> | 8 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 8,5 | 5,5 | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> | 7,5 | 5,5 | 4,5 | 3,5 |
| 9 | 5,5 | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> | 7,5 | 5,5 | 4 | 3,5 |
| 9,5 | 5,5 | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> | 7,5 | 5,5 | 4 | 3,5 |
| 10 | 5,5 | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> | 7,5 | 5,5 | 4 | 3,5 |
| 10,5 | 5,5 | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> | 7,5 | 5,5 | 4 | 3,5 |
| 11 | 5,5 | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> | 7,5 | 5,5 | 4 | 3,5 |
| 11,5 | <> | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> | 7,5 | 5 | 4 | 3,5 |
| 12 | <> | <> | <> | <> | 6 | <> | <> | <> | 7,5 | 5 | 4 | 3,5 |

(*) Tablas válidas sólo para paños ciegos con apoyo garantizado en 4 y 3 bordes respectivamente. Para garantizar el apoyo lateral a los soportes en extremos, deben emplearse anclajes con las apropiadas libertades de movimiento debido a la diferencia de comportamiento entre la estructura y el muro (2 libertades, vertical y horizontal, en muros pasantes, y 1 libertad de movimiento vertical en muros entestados).

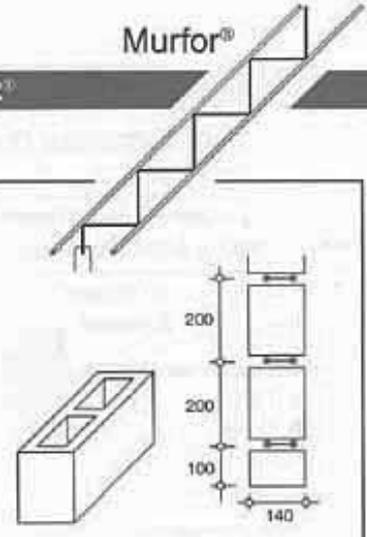
Dinteles con armado de tendel (Manual Murfor)

Murfor®

CÁLCULO DE LAS FÁBRICAS ARMADAS CON MURFOR®

Tabla 14A Armado de Dinteles

| | |
|--|--|
| Bloque de hormigón hueco 390 x 140 x 190 mm | Ancho del dintel b = 140 mm |
| Bloque : $f_{pk} > 5 \text{ N/mm}^2$ Fábrica : $\rho = 13 \text{ kN/m}^3$ Mortero : $f_{ak} > 8 \text{ N/mm}^2$ | |
| Resistencias de cálculo de la fábrica N Tend. $f_{md} = 0,9 \text{ N/mm}^2$ P Tend. $f_{md} = 0,5 \text{ N/mm}^2$ Corte. $f_{mvd} = 0,09 \text{ N/mm}^2$ Fisuración $f_{mtd} = 0,18 \text{ N/mm}^2$ | |
| Máximo por tendel 1 armadura Murfor® de 50 mm. | |



| Canto (±) del dintel h [m] | Peso del dintel g [kN/m] | Vano máximo v en m, con carga q _c característica [kN/m] | | | | | | | | (±±) Armaduras Murfor® | |
|----------------------------------|-----------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------|----|
| | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | | |
| 0,4 | 0,7 | 1,84 | 0,66 | 0,48 | 0,40 | 0,34 | 0,31 | 0,28 | 0,25 | 2 | SF |
| | | 2,12 | 0,76 | 0,55 | 0,46 | 0,40 | 0,36 | 0,33 | 0,28 | | |
| 0,6 | 1,1 | 2,25 | 0,95 | 0,71 | 0,59 | 0,51 | 0,46 | 0,42 | 0,37 | 2 | SF |
| | | 3,47 | 1,47 | 1,09 | 0,90 | 0,79 | 0,71 | 0,65 | 0,57 | | |
| 0,8 | 1,5 | 2,60 | 1,24 | 0,93 | 0,77 | 0,68 | 0,61 | 0,56 | 0,49 | 3 | SF |
| | | 3,76 | 1,78 | 1,34 | 1,12 | 0,98 | 0,88 | 0,81 | 0,70 | | |
| 1,0 | 1,8 | 2,91 | 1,50 | 1,14 | 0,96 | 0,84 | 0,76 | 0,70 | 0,61 | 3 | SF |
| | | 4,70 | 2,43 | 1,85 | 1,55 | 1,36 | 1,22 | 1,12 | 0,98 | | |
| 1,2 | 2,2 | 3,19 | 1,76 | 1,35 | 1,14 | 1,00 | 0,90 | 0,83 | 0,73 | 4 | SF |
| | | 4,91 | 2,70 | 2,08 | 1,75 | 1,54 | 1,39 | 1,28 | 1,12 | | |
| 1,4 | 2,5 | 3,44 | 2,00 | 1,55 | 1,31 | 1,16 | 1,05 | 0,96 | 0,84 | 4 | SF |
| | | 5,68 | 3,30 | 2,56 | 2,16 | 1,91 | 1,73 | 1,59 | 1,39 | | |
| 1,6 | 2,9 | 3,68 | 2,23 | 1,75 | 1,48 | 1,31 | 1,19 | 1,09 | 0,96 | 5 | SF |
| | | 5,84 | 3,54 | 2,77 | 2,36 | 2,08 | 1,89 | 1,74 | 1,52 | | |

Nota 1: En el canto puede considerarse el grueso de la cadena de hormigón de apoyo del forjado.

Nota 2: Las filas SF indican el vano máximo utilizable sin peligro de fisuración.

CÁLCULO DE LAS FÁBRICAS ARMADAS CON MURFOR®

Tabla 14B Armado de Dinteles

Bloque de hormigón hueco
390 x 190 x 190 mm

Ancho del dintel
b = 190 mm

Bloque : $f_{pk} > 5 \text{ N/mm}^2$ Fábrica : $\rho = 13 \text{ kN/m}^3$
Mortero : $f_{ak} > 8 \text{ N/mm}^2$

Resistencias de cálculo de la fábrica

N Tend. $f_{md} = 0,9 \text{ N/mm}^2$
P Tend. $f_{md} = 0,5 \text{ N/mm}^2$
Corte. $f_{mvd} = 0,09 \text{ N/mm}^2$
Fisuración $f_{mtd} = 0,18 \text{ N/mm}^2$

Máximo por tendel 2 armaduras Murfor® de 50 mm.

| Canto (⊕) del dintel h [m] | Peso del dintel g [kN/m] | Vano máximo v en m, con carga q_k característica [kN/m] | | | | | | | | (⊕⊕) Armaduras Murfor® |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------------------------------|
| | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | |
| 0,4 | 1,0 | 1,84 | 0,75 | 0,55 | 0,46 | 0,40 | 0,36 | 0,33 | 0,29 | 2 SF |
| | | 3,19 | 1,29 | 0,96 | 0,79 | 0,69 | 0,62 | 0,57 | 0,49 | |
| 0,6 | 1,5 | 2,25 | 1,08 | 0,81 | 0,68 | 0,59 | 0,53 | 0,49 | 0,43 | 3 SF |
| | | 3,47 | 1,66 | 1,25 | 1,04 | 0,91 | 0,82 | 0,75 | 0,66 | |
| 0,8 | 2,0 | 2,60 | 1,38 | 1,06 | 0,89 | 0,78 | 0,70 | 0,65 | 0,56 | 4 SF |
| | | 4,51 | 2,40 | 1,83 | 1,54 | 1,35 | 1,22 | 1,12 | 0,98 | |
| 1,0 | 2,5 | 2,91 | 1,67 | 1,29 | 1,09 | 0,95 | 0,87 | 0,80 | 0,70 | 4 SF |
| | | 5,37 | 3,09 | 2,39 | 2,02 | 1,78 | 1,61 | 1,48 | 1,30 | |
| 1,2 | 3,0 | 3,19 | 1,94 | 1,52 | 1,29 | 1,14 | 1,04 | 0,96 | 0,84 | 5 SF |
| | | 5,52 | 3,37 | 2,64 | 2,24 | 1,98 | 1,80 | 1,65 | 1,45 | |
| 1,4 | 3,5 | 3,44 | 2,20 | 1,74 | 1,49 | 1,32 | 1,20 | 1,11 | 0,97 | 6 SF |
| | | 6,25 | 3,99 | 3,17 | 2,70 | 2,40 | 2,18 | 2,01 | 1,76 | |
| 1,6 | 4,0 | 3,68 | 2,44 | 1,96 | 1,68 | 1,49 | 1,36 | 1,26 | 1,10 | 7 SF |
| | | 6,37 | 4,23 | 3,39 | 2,91 | 2,59 | 2,35 | 2,17 | 1,91 | |

Nota 1: En el canto puede considerarse el grueso de la cadena de hormigón de apoyo del forjado.

Nota 2: Las filas SF indican el vano máximo utilizable sin peligro de fisuración.

Tablas de muros con Sistema de Albañilería Integral

Para configurar un cerramiento según el Sistema de Albañilería Integral se han de combinar elementos resistentes en las dos direcciones de flexión del plano del muro.

Lo normal es empezar a dimensionar contando con los elementos verticales existentes de la estructura, colocando costillas entre pilares, por ser éste normalmente el factor más complicado de encajar para cuadrarlas con la distribución del Proyecto y sus huecos. Después se dimensiona la armadura de tendel horizontal entre las costillas.

Para un dimensionado rápido de armado según el SAI, se dan unas Tablas mediante las cuales se puede llegar a una configuración total del armado necesario en un paño de cerramiento o partición, empleando sólo mortero (en lugar de hormigón). Las costillas requieren sus fijaciones apropiadas del Sistema de Albañilería Integral, para sujetarse a los forjados, pudiendo ser éstas sencillas o dobles según se quiera apoyar o empotrar la costilla a los forjados.

Luego según las características de carga superficial y las medidas del paño concreto, primero se dimensiona la distancia entre costillas (según las tablas) y posteriormente para la misma carga y la distribución de costillas ya elegida, se determina la separación de las armaduras de tendel (según las tablas).

PAÑOS CON ARMADURA DE TENDEL ANTE ACCIÓN HORIZONTAL

| TABLA SAI: PAÑOS CON ARMADURAS DE TENDEL ANTE ACCIÓN HORIZONTAL | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| MURO TIPO Y CERCHA PLUSFORT® | SEPARACIÓN VERTICAL | SEPARACIÓN MÁXIMA "L"(m) ENTRE COSTILLAS® ó PILARES EN FUNCIÓN DE LA ACCIÓN (Área Tributaria) | | | | | | | |
| | | 0,2 kN/m2 | | 0,4 kN/m2 | | 0,6 kN/m2 | | 0,8 kN/m2 | |
| | | TRAMO AISLADO O EXTREMO | TRAMO CONTINUO | TRAMO AISLADO O EXTREMO | TRAMO CONTINUO | TRAMO AISLADO O EXTREMO | TRAMO CONTINUO | TRAMO AISLADO O EXTREMO | TRAMO CONTINUO |
| BHH 40x15x20cm | 60 cm | 4,90* m | 6,04 m | 3,48 m | 4,27 m | 2,85 m | 3,48 m | 2,46 m | 3,02 m |
| ANCHO b=14cm | 40 cm | 4,90* m | 6,30* m | 4,27 m | 5,23 m | 3,48 m | 4,27 m | 3,02 m | 3,70 m |
| RND.4Iz-100mm | 20 cm | 4,90* m | 6,30* m | 4,90* m | 6,30* m | 4,90* m | 6,04 m | 4,27 m | 5,23 m |
| BHH 40x20x20cm | 60 cm | 6,04 m | 7,39 m | 4,27 m | 5,23 m | 3,48 m | 4,27 m | 3,02 m | 3,70 m |
| ANCHO b=19cm | 40 cm | 6,65* m | 8,55* m | 5,23 m | 6,40 m | 4,27 m | 5,23 m | 3,70 m | 4,53 m |
| RND.4Iz-150mm | 20 cm | 6,65* m | 8,55* m | 6,65* m | 8,55* m | 6,04 m | 7,39 m | 5,23 m | 6,40 m |

PLUSFORT® = MURFOR® DE 4,50m

* Limitada su esbeltez según CTE SE-F. Tabla 5.3 (b/L = 1/35 tramo extremo o aislado; b/L = 1/45 tramo continuo)

** Para garantizar el apoyo lateral a los soportes, deben emplearse anclajes con las apropiadas libertades de movimiento debido a la diferencia de comportamiento entre la estructura y el muro (2 libertades, vertical y horizontal, en muros pasantes y 1 libertad de movimiento vertical en muros entestados).

PAÑOS CON ARMADO DE COSTILLAS

El valor de la separación "L" entre costillas obtenido en las tablas, puede duplicarse disponiendo costillas dobles (de 2 en 2) en lugar de sencillas (de 1 en 1).

| TABLA SAI: COSTILLA® ALLWALL® AW-COS.10/Z-90mm BHH 40x15x20cm (en Llaga) BHH 40x20x20cm (en Hueco) | | | | |
|---|---|-------|------|------|
| CON FIJACIÓN AW-FIJ. SENCILLA ARRIBA DE LA COSTILLA ALLWALL y EMPOTRAMIENTO ABAJO DE LOS 2 CORDONES LONGITUDINALES >15cm CON EPOXI | | | | |
| DIMENSION VERTICAL "H" | SEPARACIÓN MÁXIMA "L"(m) COSTILLAS® ó Área Tributaria | | | |
| | ACCIÓN HORIZONTAL [kN/m ²] | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2,60 m | 6,30* | 6,30* | 4,40 | 3,30 |
| 3,00 m | 6,30* | 5,00 | 3,30 | 2,50 |
| 3,40 m | 6,30* | 3,90 | 2,60 | 1,90 |
| 3,80 m | 6,20 | 3,10 | 2,00 | 1,50 |
| 4,20 m | 5,10 | 2,50 | 1,70 | 1,20 |
| 4,60 m | 4,20 | 2,10 | 1,40 | 1,00 |
| 5,00 m | 3,60 | 1,80 | 1,20 | |
| 5,40 m | 3,10 | 1,50 | 1,00 | |
| 5,80 m | 2,60 | 1,30 | | |
| 6,20 m | 2,30 | 1,10 | | |
| 6,60 m | 2,00 | 1,00 | | |
| 7,00 m | 1,80 | | | |
| 7,40 m | 1,60 | | | |
| 7,80 m | 1,40 | | | |
| 8,20 m | 1,30 | | | |
| 8,60 m | 1,20 | | | |
| 9,00 m | 1,10 | | | |

* Limitada su esbeltez según CTE SE-F. Tabla 5.3. (b/L = 1/45)

| TABLA SAI: COSTILLA® ALLWALL® AW-COS.10/Z-90mm BHH 40x15x20cm (en Llaga) BHH 40x20x20cm (en Hueco) | | | | |
|--|---|-------|------|------|
| CON FIJACIÓN AW-FIJ. DOBLE ARRIBA DE LA COSTILLA ALLWALL y EMPOTRAMIENTO ABAJO DE LOS 2 CORDONES LONGITUDINALES >15cm CON EPOXI | | | | |
| DIMENSION VERTICAL "H" | SEPARACIÓN MÁXIMA "L"(m) COSTILLAS® ó Área Tributaria | | | |
| | ACCIÓN HORIZONTAL [kN/m ²] | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2,60 m | 6,30* | 6,30* | 5,60 | 4,20 |
| 3,00 m | 6,30* | 6,30 | 4,20 | 3,10 |
| 3,40 m | 6,30* | 4,90 | 3,30 | 2,40 |
| 3,80 m | 6,30* | 3,90 | 2,60 | 1,90 |
| 4,20 m | 6,30* | 3,20 | 2,10 | 1,60 |
| 4,60 m | 5,40 | 2,70 | 1,80 | 1,30 |
| 5,00 m | 4,50 | 2,20 | 1,50 | 1,10 |
| 5,40 m | 3,90 | 1,90 | 1,30 | |
| 5,80 m | 3,40 | 1,70 | 1,10 | |
| 6,20 m | 2,90 | 1,40 | | |
| 6,60 m | 2,60 | 1,30 | | |
| 7,00 m | 2,30 | 1,10 | | |
| 7,40 m | 2,00 | 1,00 | | |
| 7,80 m | 1,80 | | | |
| 8,20 m | 1,70 | | | |
| 8,60 m | 1,50 | | | |
| 9,00 m | 1,40 | | | |

* Limitada su esbeltez según CTE SE-F. Tabla 5.3. (b/L = 1/45)

| TABLA SAI: COSTILLA® ALLWALL® AW-COS.10/Z-140mm BHH 40x20x20cm (en llaga) | | | | |
|---|---|-------|------|------|
| CON FIJACIÓN AW-FIJ. SENCILLA ARRIBA DE LA COSTILLA ALLWALL y EMPOTRAMIENTO ABAJO DE LOS 2 CORDONES LONGITUDINALES >15cm CON EPOXI | | | | |
| DIMENSION VERTICAL "H" | SEPARACIÓN MÁXIMA "L"(m) COSTILLAS® ó Área Tributaria | | | |
| | CARGA SUPERFICIAL [kN/m ²] | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2,60 m | 8,55* | 8,55* | 6,90 | 5,20 |
| 3,00 m | 8,55* | 7,80 | 5,20 | 3,90 |
| 3,40 m | 8,55* | 6,00 | 4,00 | 3,00 |
| 3,80 m | 8,55* | 4,80 | 3,20 | 2,40 |
| 4,20 m | 7,90 | 3,90 | 2,60 | 1,90 |
| 4,60 m | 6,60 | 3,30 | 2,20 | 1,60 |
| 5,00 m | 5,60 | 2,80 | 1,80 | 1,40 |
| 5,40 m | 4,80 | 2,40 | 1,60 | 1,20 |
| 5,80 m | 4,10 | 2,00 | 1,30 | 1,00 |
| 6,20 m | 3,60 | 1,80 | 1,20 | |
| 6,60 m | 3,20 | 1,60 | 1,00 | |
| 7,00 m | 2,80 | 1,40 | | |
| 7,40 m | 2,50 | 1,20 | | |
| 7,80 m | 2,30 | 1,10 | | |
| 8,20 m | 2,00 | 1,00 | | |
| 8,60 m | 1,90 | | | |
| 9,00 m | 1,70 | | | |
| 9,40 m | 1,50 | | | |
| 9,80 m | 1,40 | | | |
| 10,20 m | 1,30 | | | |
| 10,60 m | 1,20 | | | |
| 11,00 m | 1,10 | | | |

* Limitada su esbeltez según CTE SE-F. Tabla 5.3. (b/L = 1/45)

| TABLA SAI: COSTILLA® ALLWALL® AW-COS.10/Z-140mm BHH 40x20x20cm (en llaga) | | | | |
|--|---|-------|------|------|
| CON FIJACIÓN AW-FIJ. DOBLE ARRIBA DE LA COSTILLA ALLWALL y EMPOTRAMIENTO ABAJO DE LOS 2 CORDONES LONGITUDINALES >15cm CON EPOXI | | | | |
| DIMENSION VERTICAL "H" | SEPARACIÓN MÁXIMA "L"(m) COSTILLAS® ó Área Tributaria | | | |
| | CARGA SUPERFICIAL [kN/m ²] | | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| 2,60 m | 8,55* | 8,55* | 8,50 | 6,40 |
| 3,00 m | 8,55* | 8,55* | 6,40 | 4,80 |
| 3,40 m | 8,55* | 7,50 | 5,00 | 3,70 |
| 3,80 m | 8,55* | 6,00 | 4,00 | 3,00 |
| 4,20 m | 8,55* | 4,90 | 3,20 | 2,40 |
| 4,60 m | 8,20 | 4,10 | 2,70 | 2,00 |
| 5,00 m | 6,90 | 3,40 | 2,30 | 1,70 |
| 5,40 m | 5,90 | 2,90 | 1,90 | 1,40 |
| 5,80 m | 5,10 | 2,50 | 1,70 | 1,20 |
| 6,20 m | 4,50 | 2,20 | 1,50 | 1,10 |
| 6,60 m | 4,00 | 2,00 | 1,30 | 1,00 |
| 7,00 m | 3,50 | 1,70 | 1,10 | |
| 7,40 m | 3,10 | 1,50 | 1,00 | |
| 7,80 m | 2,80 | 1,40 | | |
| 8,20 m | 2,50 | 1,20 | | |
| 8,60 m | 2,30 | 1,10 | | |
| 9,00 m | 2,10 | 1,00 | | |
| 9,40 m | 1,90 | | | |
| 9,80 m | 1,80 | | | |
| 10,20 m | 1,60 | | | |
| 10,60 m | 1,50 | | | |
| 11,00 m | 1,40 | | | |

* Limitada su esbeltez según CTE SE-F. Tabla 5.3. (b/L = 1/45)

10.8.3. TABLAS DE CERRAMIENTOS

Se incluyen tablas gráficas para diferentes casos, en función de diferentes factores.

T-1 MURO APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 140 x 190

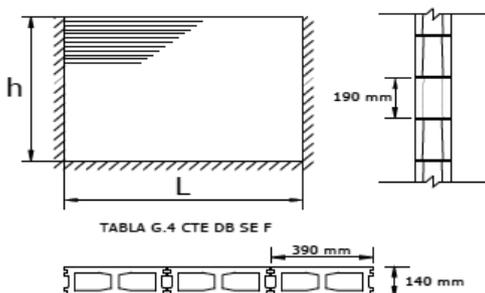
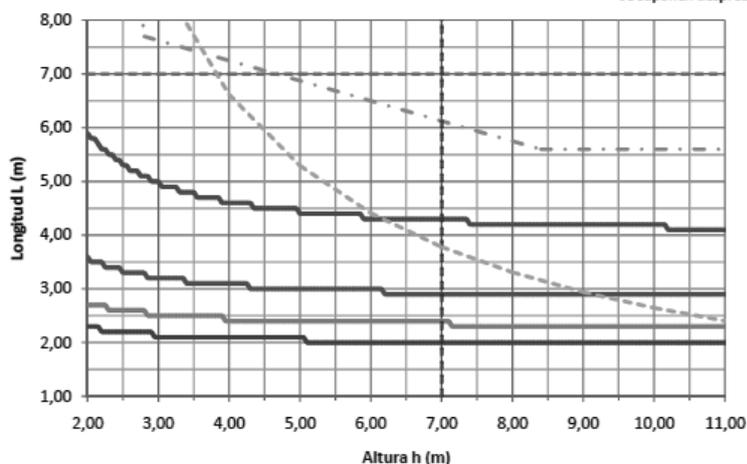


TABLA G.4 CTE DB SE F

- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_e). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_f=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2 \text{ N/mm}^2$.
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



- $q_e = 0,2 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,6 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,8 \text{ kN/m}^2$
- - - Límite de esbeltez según EC6
- - - Máxima longitud recomendada por NORMABLOC
- - - Máxima altura recomendada por NORMABLOC
- - - Máxima esbeltez por área de paño recomendada por NORMABLOC

T-2 MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 4 \text{ mm} / 600 \text{ mm}$, APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 140 x 190.

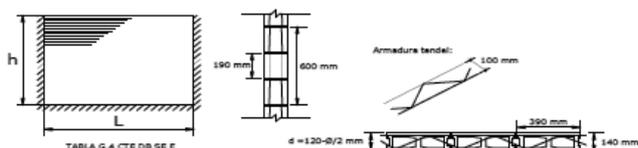
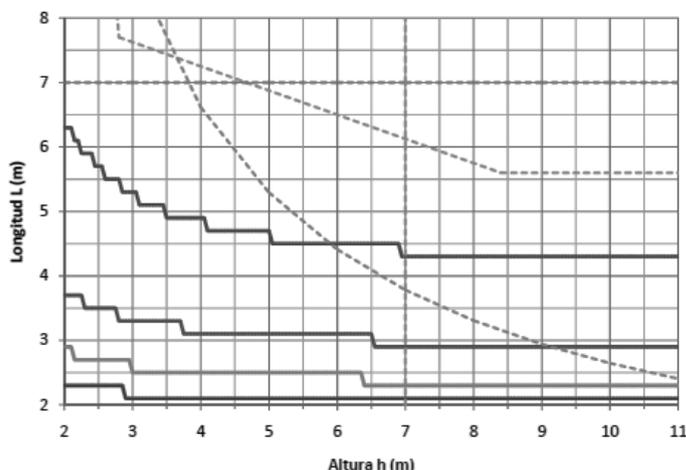


TABLA G.4 CTE DB SE F

- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_e). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_f=1,50$.

- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2 \text{ N/mm}^2$.
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



- $q_e = 0,2 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,6 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,8 \text{ kN/m}^2$
- - - Límite de esbeltez según EC6
- - - Máxima longitud recomendada (NORMABLOC)
- - - Máxima altura recomendada (NORMABLOC)
- - - Máxima esbeltez por área de paño recomendada (NORMABLOC)

T-3

MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 5$ mm / 600 mm, APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 140 x 190.

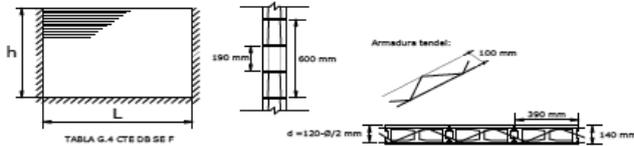
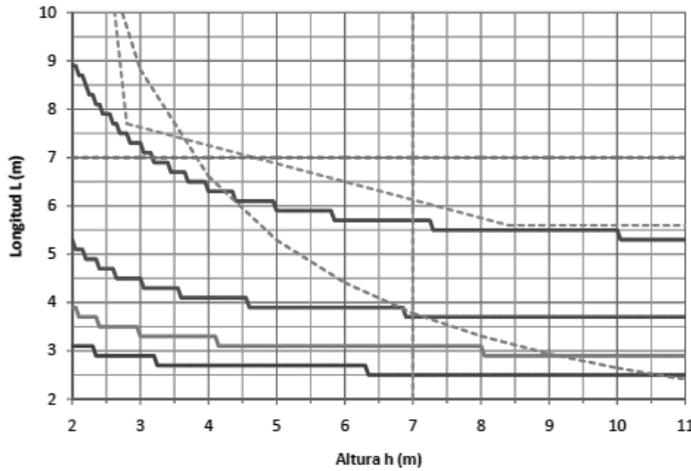


TABLA G.4 CTE DB SE F

- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_e). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_c=1,50$.

- Resistencia de la fábrica $f_t \geq 2$ N/mm².
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



- $q_e = 0,2$ kN/m²
- $q_e = 0,4$ kN/m²
- $q_e = 0,6$ kN/m²
- $q_e = 0,8$ kN/m²
- - - Límite de esbeltez según EC6
- - - Máxima longitud recomendada (NORMABLOC)
- - - Máxima altura recomendada (NORMABLOC)
- - - Máxima esbeltez por área de paño recomendada (NORMABLOC)

T-4

MURO APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 190 x 190

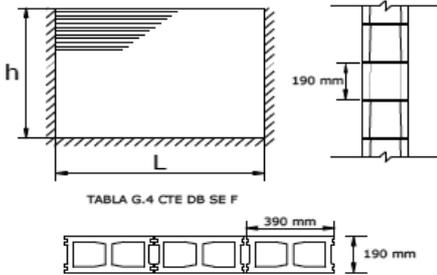
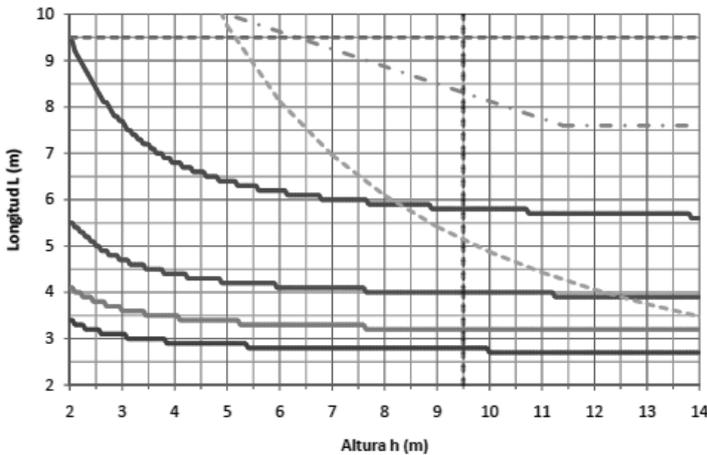


TABLA G.4 CTE DB SE F

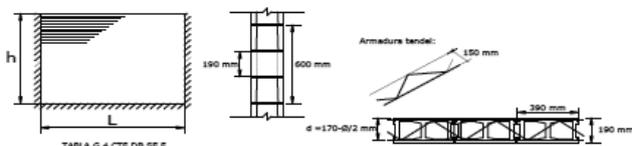
- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_e). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_c=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_t \geq 2$ N/mm².
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



- $q_e = 0,2$ kN/m²
- $q_e = 0,4$ kN/m²
- $q_e = 0,6$ kN/m²
- $q_e = 0,8$ kN/m²
- - - Límite de esbeltez según EC6
- - - Máxima longitud recomendada por NORMABLOC
- - - Máxima altura recomendada por NORMABLOC
- - - Máxima esbeltez por área de paño recomendada por NORMABLOC

T-5

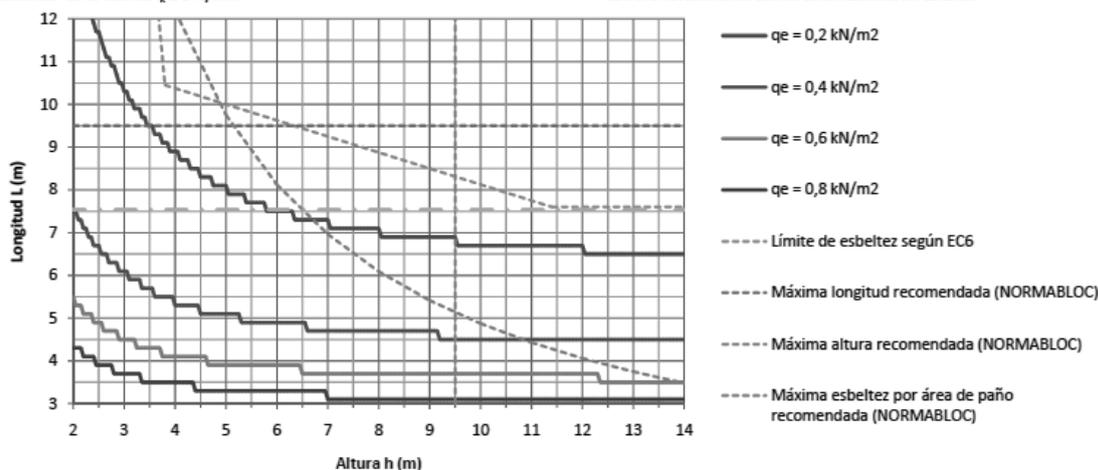
MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 5$ mm / 600 mm, APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 190 x 190.



- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_s=1,50$.

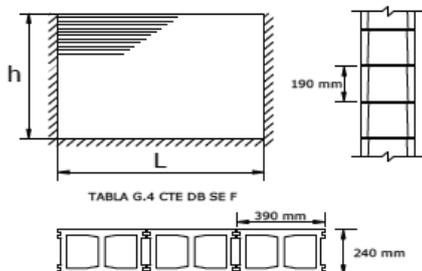
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2$ N/mm².

- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.
- La limitación de esbeltez para fábrica armada (art. 5.6.1 CTE DB SE F) se puede aumentar un 30% si el revestimiento admite deformaciones sin dañarse.

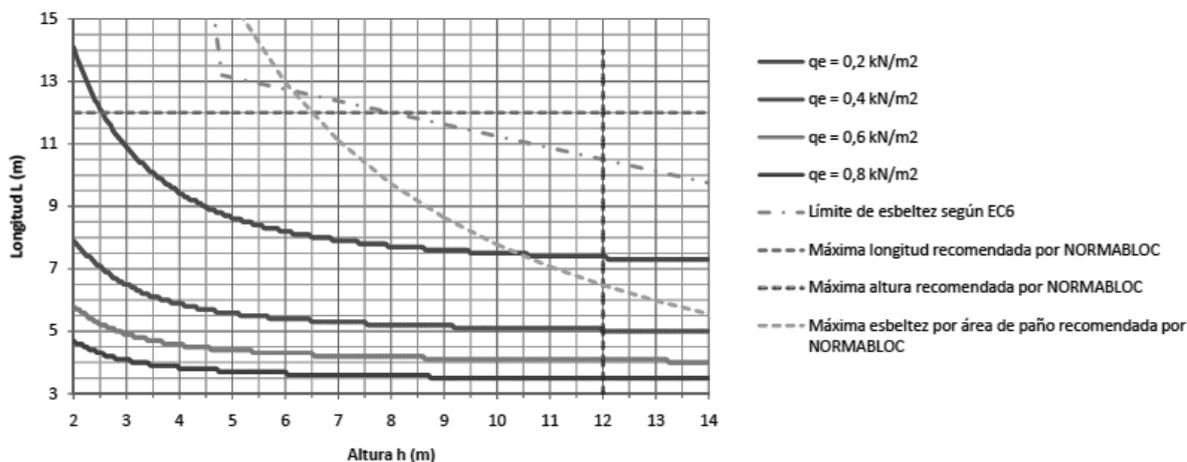


T - 6

MURO APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 240 x 190

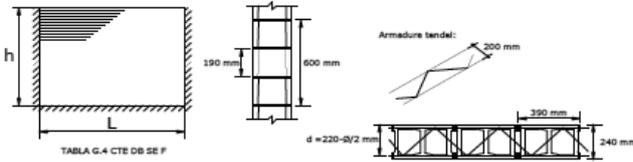


- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_s=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2$ N/mm².
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.



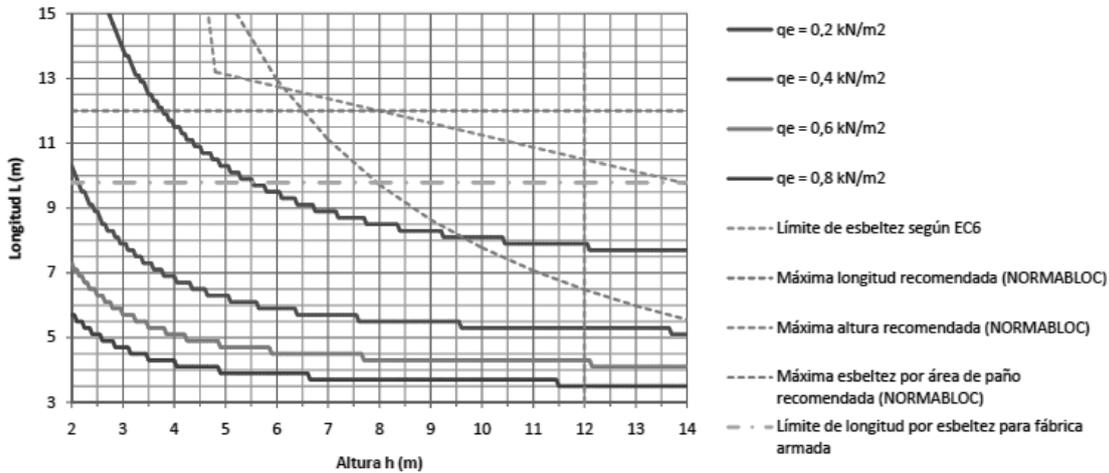
T-7

MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 5$ mm / 600 mm, APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 240 x 190.



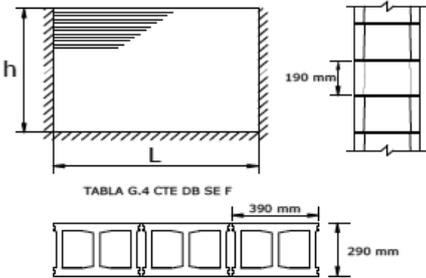
- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_F=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2$ N/mm².

- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.
- La limitación de esbeltez para fábrica armada (art. 5.6.1 CTE DB SE F) se puede aumentar un 30% si el revestimiento admite deformaciones sin dañarse.

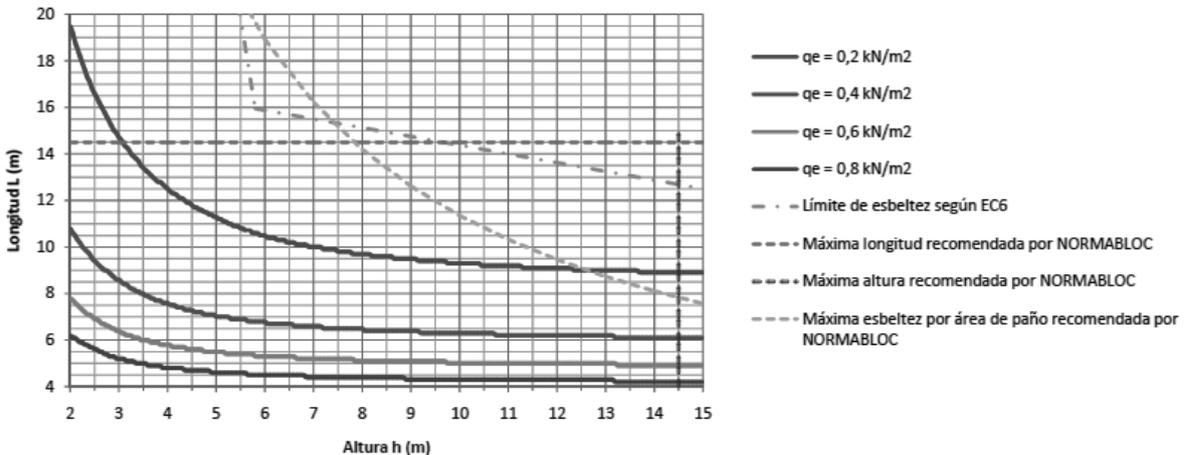


T - 8

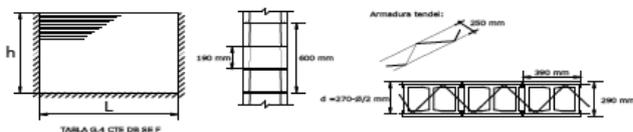
MURO APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 290 x 190



- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_F=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2$ N/mm².
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



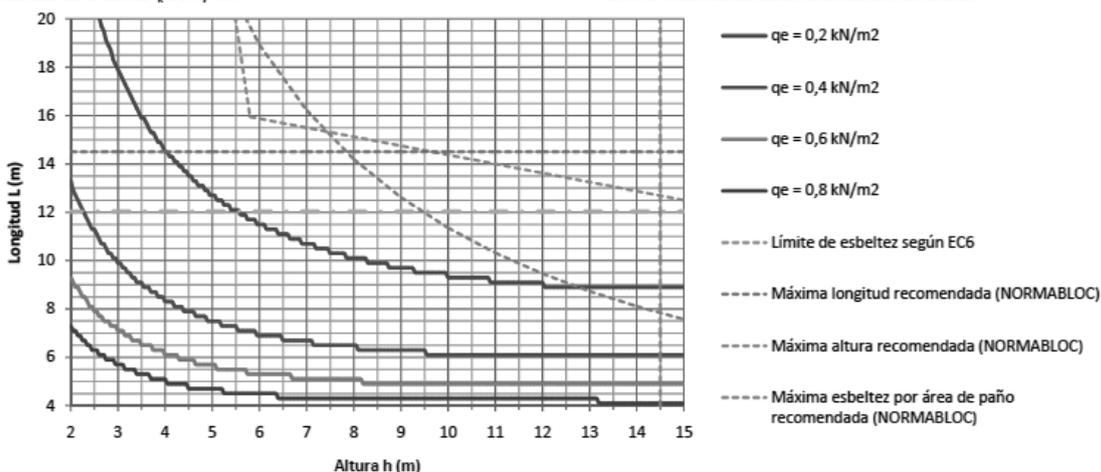
T-9 MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 5$ mm / 600 mm, APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 290 x 190.



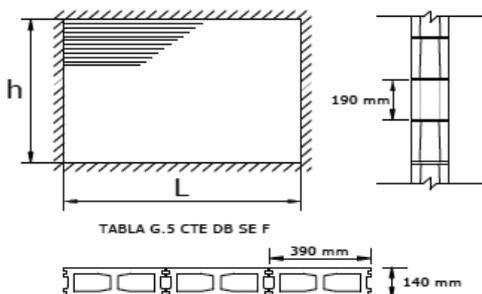
- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_e). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_c=1,50$.

- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2$ N/mm².

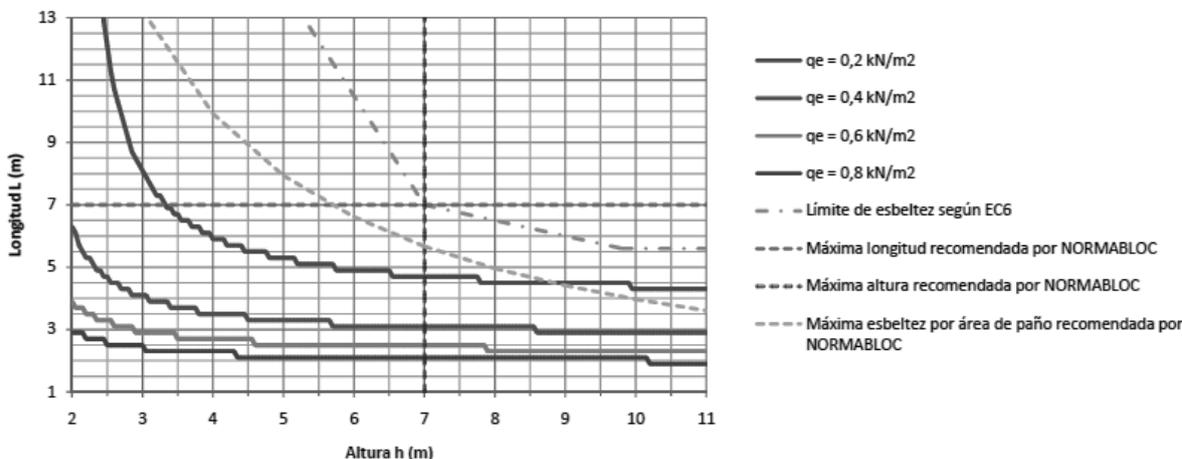
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.
- La limitación de esbeltez para fábrica armada (art. 5.6.1 CTE DB SE F) se puede aumentar un 30% si el revestimiento admite deformaciones sin dañarse.



T-10 MURO APOYADO EN CUATRO BORDES, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 140 x 190

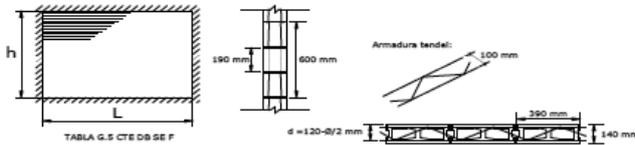


- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_e). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_c=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2$ N/mm².
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.5 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



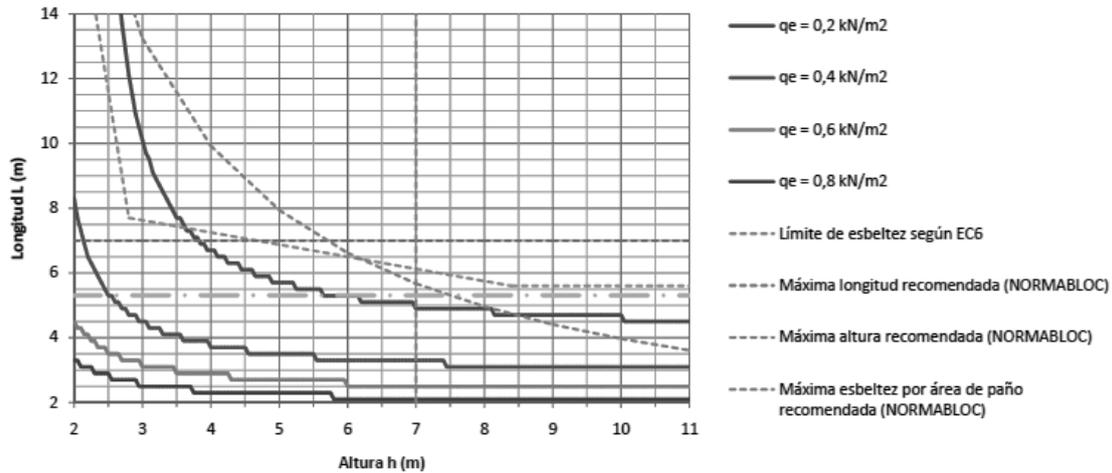
T-11

MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 4$ mm / 600 mm, APOYADO EN CUATRO BORDES, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 140 x 190.



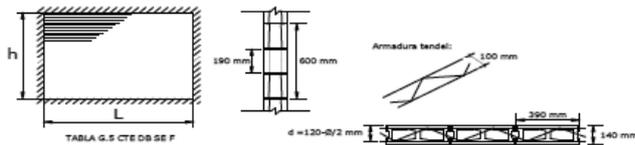
- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_v=1,50$.

- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2$ N/mm².
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{k1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{k2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



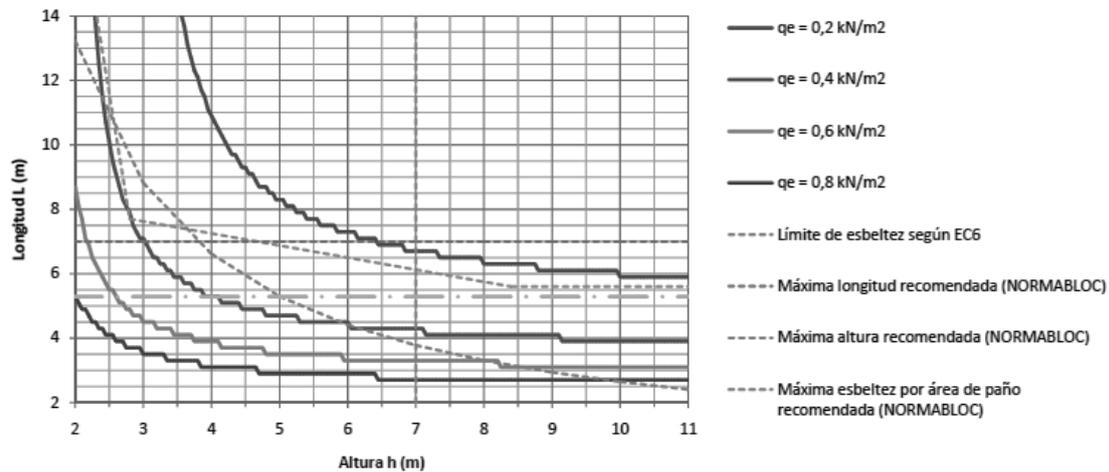
T-12

MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 5$ mm / 600 mm, APOYADO EN TRES BORDES CON EL SUPERIOR LIBRE, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 140 x 190.

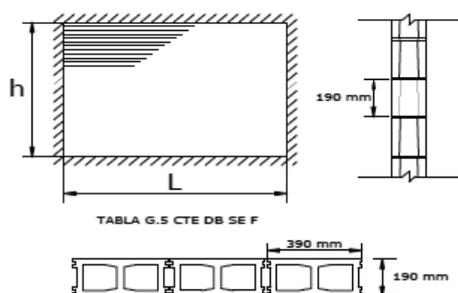


- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_v=1,50$.

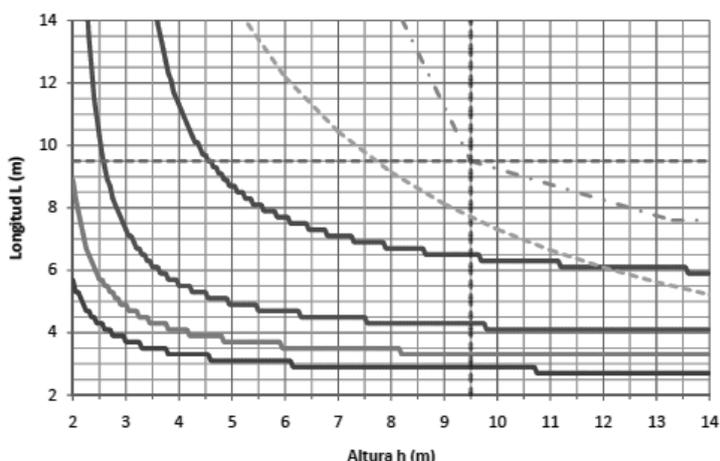
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2$ N/mm².
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{k1} = 0,1$ N/mm²
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{k2} = 0,4$ N/mm²
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



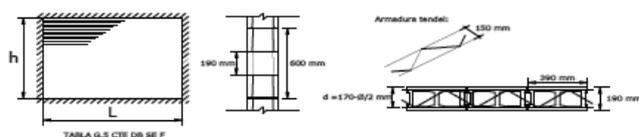
T-13 MURO APOYADO EN CUATRO BORDES, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 190 x 190



- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_s=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2 \text{ N/mm}^2$.
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{k1}=0,1 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{k2}=0,4 \text{ N/mm}^2$
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.5 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.

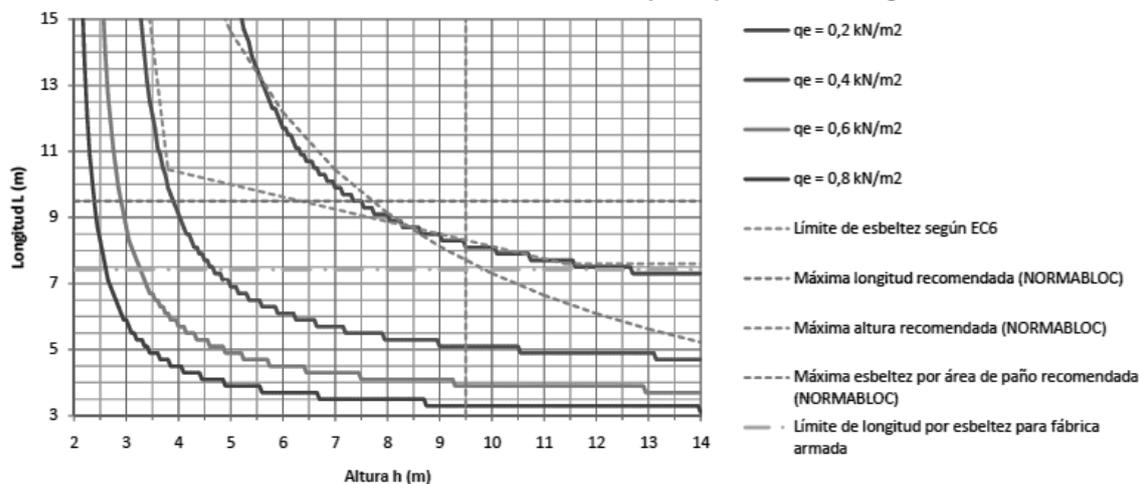


T-14 MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 5 \text{ mm} / 600 \text{ mm}$, APOYADO EN CUATRO BORDES, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 190 x 190.

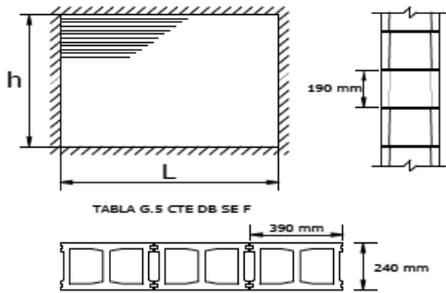


- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2 \text{ N/mm}^2$.
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{k1}=0,1 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{k2}=0,4 \text{ N/mm}^2$
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.

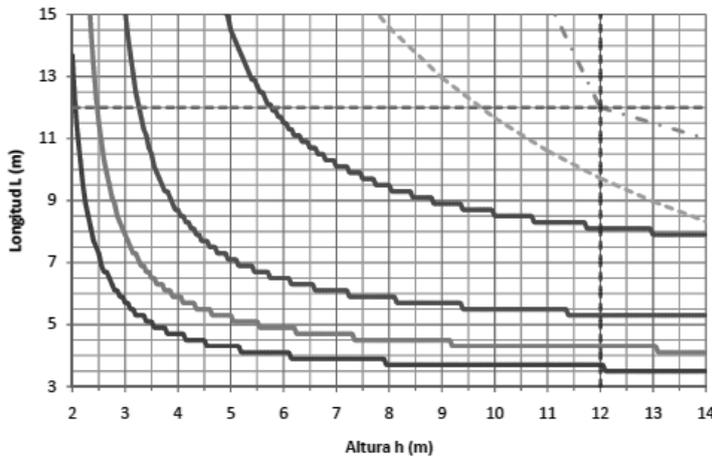
- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_s=1,50$.



T-15 MURO APOYADO EN CUATRO BORDES, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 240 x 190

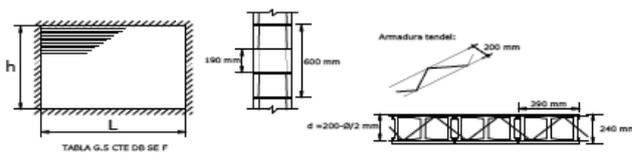


- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_w). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_c=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_t \geq 2 \text{ N/mm}^2$.
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotración de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a flexotración de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.5 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.

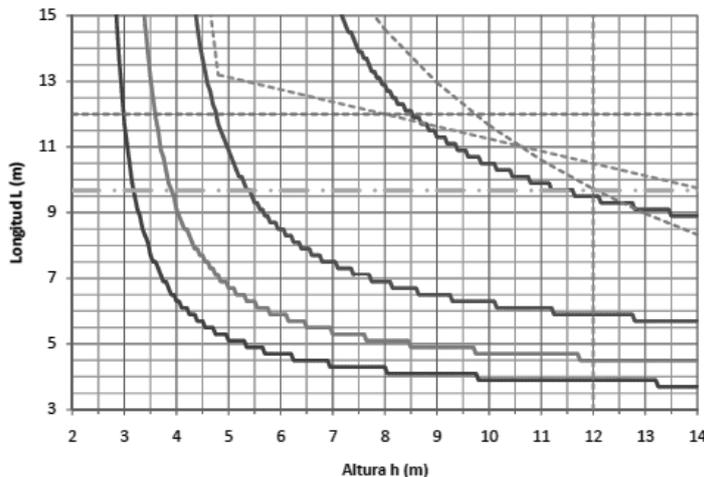


- $q_e = 0,2 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,6 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,8 \text{ kN/m}^2$
- - - Límite de esbeltez según EC6
- - - Máxima longitud recomendada por NORMABLOC
- - - Máxima altura recomendada por NORMABLOC
- - - Máxima esbeltez por área de paño recomendada por NORMABLOC

T-16 MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 5 \text{ mm} / 600 \text{ mm}$, APOYADO EN CUATRO BORDES, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 240 x 190.



- Resistencia de la fábrica $f_t \geq 2 \text{ N/mm}^2$.
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotración de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{tk1} = 0,1 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a flexotración de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{tk2} = 0,4 \text{ N/mm}^2$
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



- $q_e = 0,2 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,6 \text{ kN/m}^2$
- $q_e = 0,8 \text{ kN/m}^2$
- - - Límite de esbeltez según EC6
- - - Máxima longitud recomendada (NORMABLOC)
- - - Máxima altura recomendada (NORMABLOC)
- - - Máxima esbeltez por área de paño recomendada (NORMABLOC)
- - - Límite de longitud por esbeltez para fábrica armada

T-17 MURO APOYADO EN CUATRO BORDES, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 290 x 190

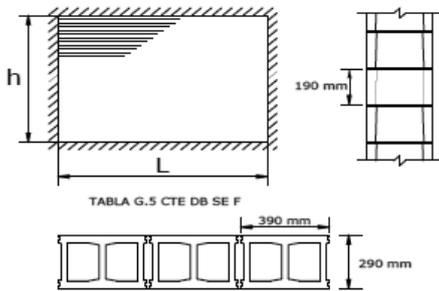
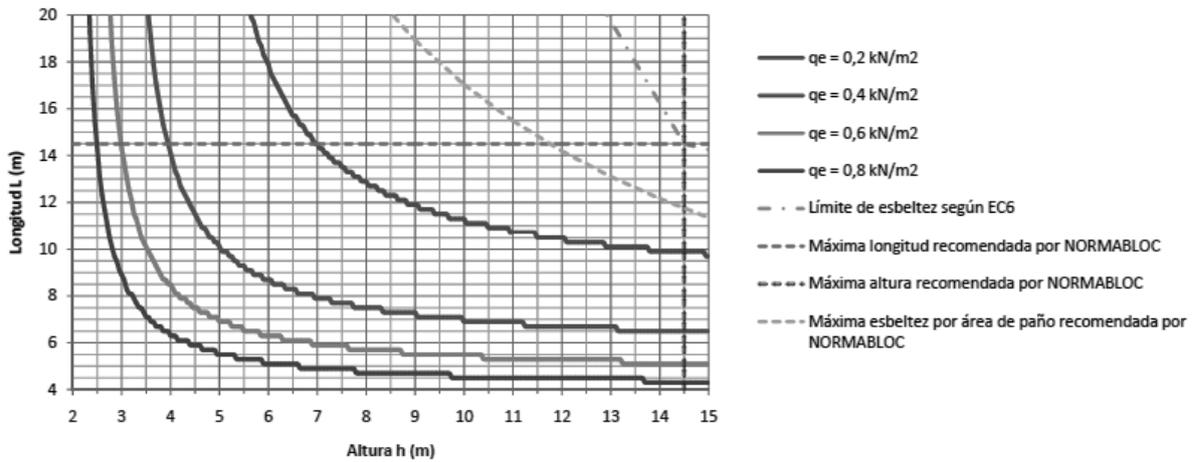


TABLA G.5 CTE DB SE F

- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_e). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_s=1,50$.
- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2 \text{ N/mm}^2$.
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{k1}=0,1 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{k2}=0,4 \text{ N/mm}^2$
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.5 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.



T-18 MURO CON ARMADURA DE TENDEL $\Phi 5 \text{ mm} / 600 \text{ mm}$, APOYADO EN CUATRO BORDES, SOMETIDO A LA ACCIÓN LATERAL DEL VIENTO. BLOQUE DE HORMIGÓN 390 x 290 x 190.

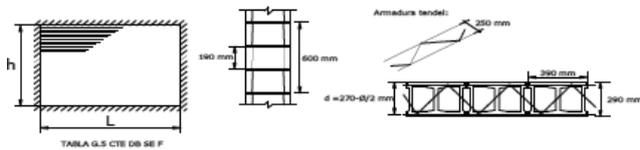
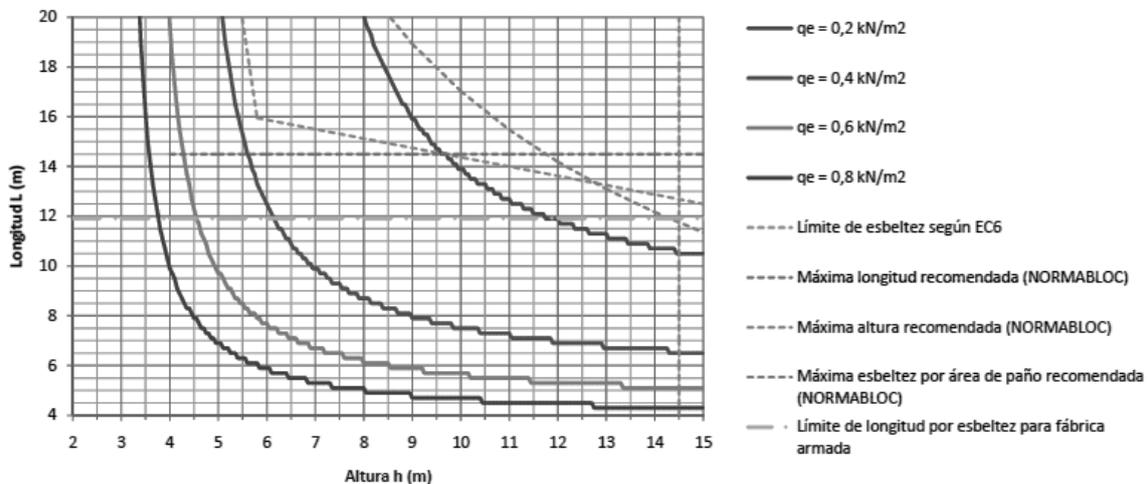


TABLA G.5 CTE DB SE F

- Resistencia de la fábrica $f_k \geq 2 \text{ N/mm}^2$.
- Categoría de fabricación de los bloques: I
- Categoría de la ejecución: B
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es paralelo a los tendeles: $f_{k1}=0,1 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia característica a flexotracción de la fábrica cuando el plano de rotura es perpendicular a los tendeles: $f_{k2}=0,4 \text{ N/mm}^2$
- Para garantizar el apoyo lateral a los soportes deben emplearse anclajes a los soportes estructurales con las apropiadas libertades de movimiento.
- Coeficientes de flexión obtenidos según tabla G.4 del CTE DB SE F.
- En el gráfico se señala la limitación de esbeltez propuesta por el Eurocódigo 6, así como las recomendadas por NORMABLOC.
- Se suponen despreciables los efectos de segundo orden.

- Las sobrecargas de viento consideradas corresponden a valores característicos de la presión o succión estática del viento (q_e). Para los cálculos se tuvo en cuenta un coeficiente parcial de seguridad igual a $\gamma_s=1,50$.



11. EJECUCIÓN DE LA FÁBRICA

11.1. SUMINISTRO E IDENTIFICACIÓN

Los bloques se suministrarán a obra sin haber sufrido daños y a la edad adecuada para cumplir las exigencias establecidas en el producto. Si se suministran empaquetados, el envoltorio permitirá la transpiración de las piezas. En el albarán y/o empaquetado deberá figurar, como mínimo, el nombre del fabricante y eventualmente la marca o nombre del agente que comercialice el producto y la designación de los bloques.

11.2. CONDICIONES DE RECEPCIÓN

Cuando los bloques suministrados estén amparados por un sello de calidad oficialmente reconocido por la Administración o bien tengan marcado CE con sistema de certificación 2+ (bloques de categoría I), no será preceptivo la realización de controles y ensayos de recepción.

11.2.1. RECEPCIÓN DE CADA PARTIDA DE OBRA

Cantidad. En el momento de la entrega se dará conformidad a la cantidad.

Aspecto. De entre los bloques entregados durante la jornada, se tomarán al azar, y en una misma operación, 10 unidades. Si entre ellas no aparece ninguna defectuosa, la partida quedará aceptada. Si aparecen una o más piezas defectuosas, se tomará una nueva muestra de 10 unidades por cada 100 piezas entregadas o fracción, no siendo aceptable la partida si el número de piezas defectuosas supera el 5% sobre la muestra total. En este caso el fabricante podrá realizar una inspección de la totalidad de la partida, reponiendo las piezas defectuosas. No serán aceptables reclamaciones posteriores a cuatro días, desde la entrega referente a este aspecto.

11.2.2. TAMAÑO DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE RECEPCIÓN DEL LOTE

Tamaño del lote. Estará formado por todas las unidades de la misma referencia fabricados en un mismo día, en una máquina determinada. Esta cantidad no será superior a 15.000 unidades.

Tamaño de la muestra. Estará formada por los bloques necesarios para la realización de los ensayos contemplados en esta norma.

Toma de muestras. El lugar donde se realice el muestreo será objeto de acuerdo entre el comprador y el fabricante. Se tomarán al azar, de las piezas que componen el lote, y hayan superado el control de aspecto. Estas piezas serán debidamente identificadas y conservadas. En su identificación se incluirá la fecha de fabricación del lote y la fecha a partir de la cual el fabricante garantiza los valores caracterizados.

11.2.3. CONDICIONES DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Salvo especificaciones contrarias formuladas expresamente en pacto contractual, las condiciones de recepción serán las expuestas a continuación:

- El receptor realizará, si así lo desea, total o parcialmente, los ensayos establecidos en la Norma 771-3 y en el complemento nacional a dicha norma, pero se deberá tener en cuenta la fecha a partir de la cual el fabricante garantiza los valores caracterizados.
- Los ensayos que vayan a realizarse deberán comenzar tan pronto como sea posible, y nunca más tarde de treinta días a partir de la fecha de entrega.
- La designación del laboratorio se efectuará por mutuo acuerdo entre comprador y fabricante.
- También se fijarán de mutuo acuerdo la fecha de la toma de muestras y la de los ensayos en los que el fabricante podrá estar presente o representado.
- Las comprobaciones y ensayos así como la recepción podrán ser también realizadas en las instalaciones del fabricante, con consentimiento del comprador.
- El receptor deberá comunicar al suministrador su disconformidad, o reparo, inmediatamente después de conocer el resultado de los ensayos.
- Si se procediese a la colocación de los bloques antes de realizar los ensayos, se entiende que el receptor presta su total conformidad a los materiales ya colocados.
- Si uno o varios de los ensayos no presentan resultados satisfactorios, se procederá a realizar, para las características en duda, dos series de ensayos de contraste, salvo que el suministrador decida retirar el lote.
- Estos ensayos también se realizarán en un laboratorio seleccionado de común acuerdo entre el comprador y el vendedor.

Si estos controles complementarios son satisfactorios el lote es aceptado y si no lo son será rechazado.

11.3. REPLANTEO

11.3.1. REPLANTEO VERTICAL

Se recomienda trabajar con la dimensión nominal de altura del bloque, para establecer las distintas alturas de piso con el fin de que los cálculos para el replanteo vertical sirvan únicamente para resolver pequeños problemas de ejecución.

Se tomará la cara superior o inferior del forjado como referencia de nivel e intentará hacerla coincidir con la cara superior del bloque en distintas hiladas una vez colocado.

Se ajustará la modulación vertical calculando el espesor del tendel (1 cm + 2 mm generalmente) para encajar un número entero de bloques entre referencias de nivel sucesivas.

Los niveles de antepecho y dintel de huecos se deberán ajustar a la modulación vertical entre referencia de nivel, coincidiendo con hiladas completas, ajustándose a lo establecido en el apartado 2.1. Coordinación modular de la obra de fábrica, pág. 46.

Con los valores obtenidos en el cálculo de la junta para la modulación vertical, se escantillarán las miras con intervalos de longitud igual a la altura del bloque más el espesor del tendel.



Ilustración 168. Colocación de miras verticales y replanteo de niveles.

11.3.2. REPLANTEO HORIZONTAL

Se deberá comprobar que las longitudes de huecos y macizos se ajustan a lo establecido en el apartado 2.1. Coordinación modular de la obra de fábrica, pág. 46.

Se trazará sobre el cimientado, forjado..., la planta de la fábrica marcando los huecos aunque tengan antepecho ya que las jambas, juntas de dilatación, etc. se constituyen como un comienzo de muro. Se colocarán miras aplomadas en cada esquina, hueco, quiebro, mocheta, junta de movimiento y en paños ciegos a distancias menores de 4 m.

Se pasa un nivel a todas las miras, y a partir de él se escantillan con intervalos iguales a la altura del bloque más el espesor del tendel, comprobando que coinciden con las distintas referencias de nivel de antepechos, dinteles, forjados, etc.

Se coloca un cordel atado a las miras en el trazo más inferior definiendo un plano horizontal que va a servir de referencia para la colocación de los bloques de la primera hilada.

Si la primera hilada va colocada sobre la cimentación deberá preverse un tendel de espesor suficiente para absorber las posibles irregularidades de la cara superior de la base sobre la que se apoya la fábrica.

Se recomienda marcar la cuerda con la situación de las llagas en la fábrica para conseguir un aparejo más homogéneo.

11.4. COLOCACIÓN

Debido a la conicidad de los alvéolos de los bloques huecos, el espesor de los tabiques es mayor por una de las caras de asiento que por la otra, la cara que tiene mayor superficie de hormigón deberá colocarse en la parte superior para ofrecer una superficie de apoyo mayor al mortero de la junta. Este aspecto no es obligatorio, aunque sí recomendable por comodidad a la hora de disponer el mortero de juntas.

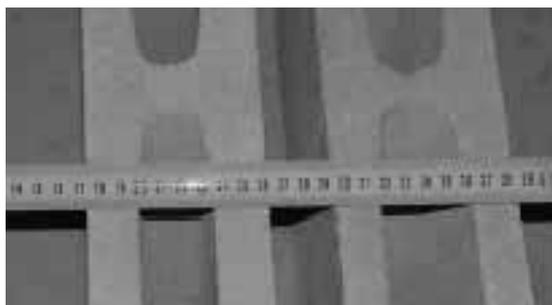


Ilustración 169. Diferencia de espesor de las paredes y tabiquillos del bloque entre la cara inferior y la superior.

Cuando sea necesario, los bloques se cortarán limpiamente con maquinaria adecuada para cumplir los requisitos dimensionales y mantener un aspecto uniforme. Se procurará reducir el corte de piezas lo más posible, ajustando las dimensiones de la fábrica a las dimensiones de modulación del bloque.



Ilustración 170. Corte de piezas.

Los bloques se colocarán en el muro de manera que las llagas y tendeles mantengan su espesor. Se comprobará que cada bloque se sitúa al nivel requerido, aplomado y alineado con los del resto de la hilada.

En general los bloques se colocarán secos, humedeciendo únicamente la superficie en contacto con el mortero a fin de reducir la succión excesiva y consecuente pérdida de su agua de amasado, lo que modificaría las condiciones normales de fraguado y endurecimiento. En los bloques hidrofugados este proceso es mucho más lento por lo que no es necesario humedecerlos. No obstante, se tendrán en cuenta, la succión real de las piezas y las propiedades reales del mortero (consistencia, retención de agua, etc.) y las recomendaciones del fabricante respecto del humedecimiento de los bloques.

NOTA: No se debe tratar del mismo modo la fábrica de hormigón y la fábrica cerámica, ya que esta última requiere un mojado previo de las piezas.

En los bloques ciegos el mortero se extiende sobre la cara superior de manera completa. En los bloques huecos se coloca sobre las paredes y tabiquillos, salvo cuando se pretenda interrumpir el puente térmico generado por la continuidad de mortero en el tendel. En este caso se colocará

mortero sobre las paredes interiores y exteriores del bloque. Esto supone una disminución en la superficie horizontal de la junta, a través de la cual se transmiten las cargas verticales, que deberá tenerse en cuenta en el cálculo de la fábrica.

Las juntas deben quedar perfectamente llenas de mortero, tanto en horizontal como en vertical, para asegurar una buena unión bloque-mortero.



Ilustración 171. Colocación del bloque sobre el mortero de juntas, comprobando siempre el nivel.

Se echará mortero en cantidad suficiente para garantizar que rebosará por las dos caras del muro al colocar otro bloque sobre la junta.

Se aplicará mortero sobre los salientes de la testa del bloque, presionándolo para evitar que se caiga al transportarlo para su colocación en la hilada, y en cantidad suficiente para garantizar que la llaga quede rellena.

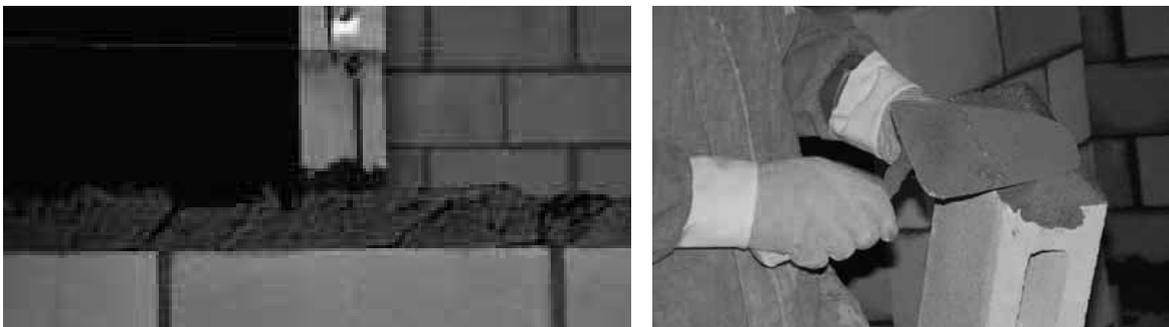


Ilustración 172. Disposición del mortero en las llagas antes de colocar el bloque sobre la hilada con mortero previamente vertido.

Los bloques se llevarán a su posición mientras el mortero está aún blando y plástico, quitándose el mortero sobrante con la paleta sin ensuciar ni rayar el bloque. Los bloques que queden mal colocados o removidos, deben ser levantados y colocados de nuevo.

No se debe intentar alinear un bloque después de haber colocado otra hilada sobre él, ya que se formaría una discontinuidad de la unión bloque-mortero en las juntas contiguas. Antes de llaguear las juntas, se deben rellenar con mortero fresco los agujeros o pequeñas zonas que no hayan quedado completamente ocupadas, comprobando que el mortero esté todavía fresco y plástico. Si hay que reparar una junta después de que el mortero haya endurecido se eliminará el mortero de la junta en una profundidad al menos de 15 mm y no mayor del 15% del espesor del mismo, se mojará con agua y se reparará con mortero fresco.

Se recomienda utilizar un llaguero cóncavo para efectuar el rejuntado, presionando contra los bloques que conformen la junta, consiguiendo una junta cerrada que mejora la impermeabilidad. Esta operación no se debe realizar inmediatamente después de la colocación sino un tiempo después, cuando el mortero haya endurecido pero antes de terminar el fraguado. Se recomienda realizar el llagueado primero en las juntas horizontales y después en las verticales. En fábricas para revestir se recomienda dejar la junta ligeramente rehundida para mejorar la adherencia del revestimiento.



Ilustración 173. Llaguero para el repasado de juntas.

Las juntas no se rehundirán en profundidad más de 5 mm en muros de espesor menor de 200 mm sin autorización de la dirección de obra.

En fábricas de bloques huecos, las juntas no se rehundirán más de 1/3 del espesor de la pared exterior del bloque.

Los tipos de juntas que se suelen emplear en este tipo de fábricas son los siguientes: La junta matada inferior no se considera aceptable ya que favorece la entrada de agua en la fábrica.

En el apartado 13.8. Rejuntado se complementa ampliamente la información sobre las juntas y su ejecución.

Para un correcto acabado de la fábrica es muy importante no ensuciar el bloque cara vista durante su ejecución, protegiéndolo si es necesario. Si fuese necesaria una limpieza final se puede realizar mediante proyección de agua a presión y un cepillado posterior, o bien utilizando una mezcla de agua con ácido clorhídrico al 7-8 % limpiándolo posteriormente con agua.

11.4.1. COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS DE TENDEL

Las armaduras de tendel se colocarán embebiéndolas en el mortero, cuidando de que queden centradas en el grueso del tendel.

Para garantizar la transmisión de esfuerzos del acero en los solapes de las armaduras a través del mortero, es imprescindible realizar correctamente los solapes con una longitud mínima de unos 25 cm para armaduras con capa epoxi, y de 20 cm para las galvanizadas e inoxidable. Se evitará que en el solape queden las armaduras montadas unas encima de las otras.

Si por necesidades constructivas la longitud de solape tuviera que ser menor que la mínima exigida, podrá recurrirse al doblado en patilla de los alambres longitudinales de las armaduras prefabricadas de tendel.

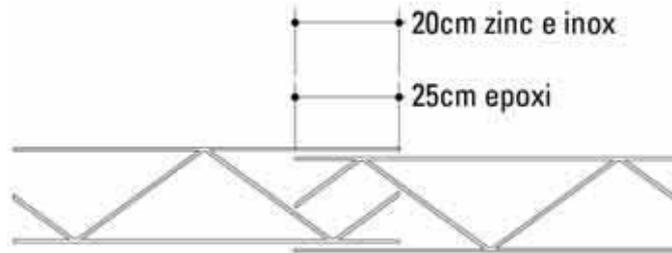


Ilustración 174. Solape mínimo de las armaduras de tendel.

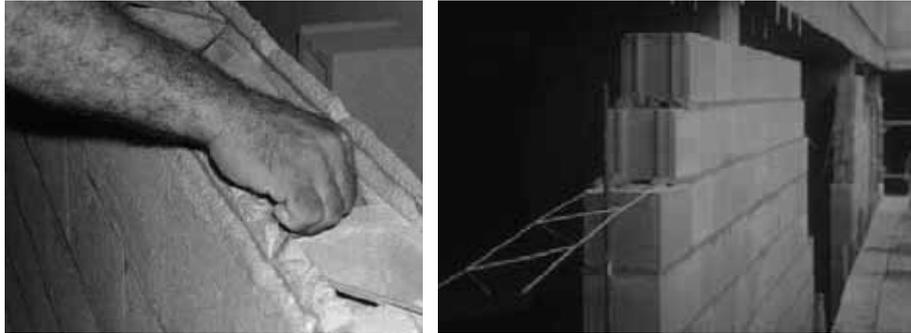


Ilustración 175. Colocación de la armadura de tendel continua, introducida en el mortero de juntas.

Las armaduras de tendel deberán dejarse en espera entre dos fases de obra para completar el muro incorporándolas a los tendeles de la segunda fase.

11.4.2. COLOCACIÓN DE ARMADURAS VERTICALES

Las armaduras verticales van en el interior de los huecos alineados; se pueden colocar antes o después de levantar la fábrica, solapando al menos 30 veces su diámetro. Se recomienda armar un bloque cada 5 unidades contadas en planta, o lo indicado en los cálculos de proyecto.

Si la armadura se coloca antes de levantar la fábrica, los bloques deben tener abierto uno de los extremos por donde abrazarán las armaduras. Esto se puede conseguir rompiendo los tabiquillos laterales necesarios.

Si la armadura se realiza en tramos, pueden dejarse los bloques sin alterar y colocar las piezas desde arriba, enhebrando la armadura. En este último caso será necesario respetar el solape mínimo de 30 veces el diámetro de la armadura.

Las armaduras colocadas antes de levantar la fábrica se van rellenado de mortero de relleno a la vez que se levanta cada hilada.

Las colocadas posteriormente se mantienen en su posición y se hormigona la columna de huecos. Para confirmar un correcto llenado será necesario realizar una perforación en la base de la columna de huecos con el fin de verificar el llenado completo hasta el arranque del muro, comprobando la salida del mortero.

Las armaduras en tramos deben mantener el solape mediante alambres que vinculen las dos barras para asegurar la transmisión de esfuerzos.

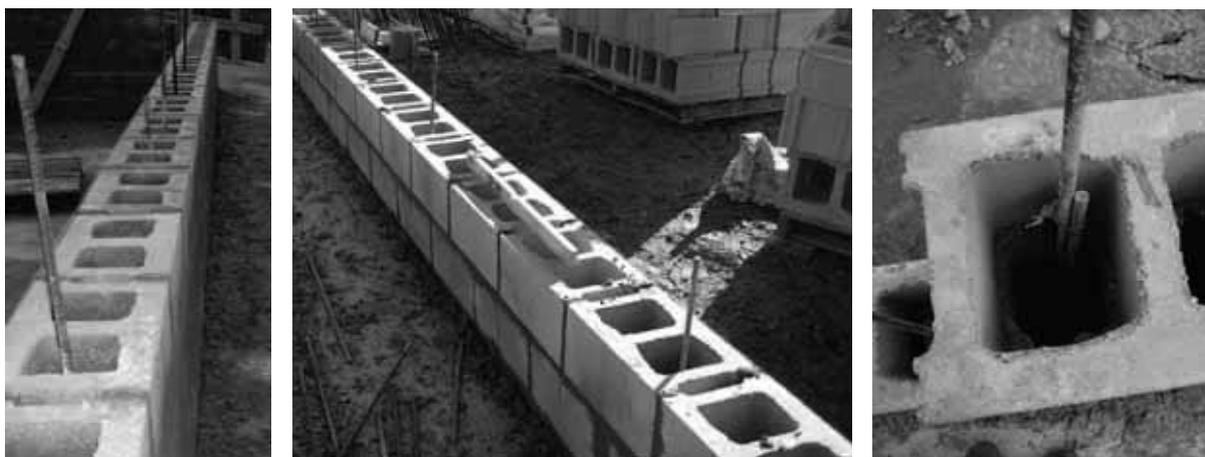


Ilustración 176. Armaduras verticales colocadas en los huecos de la fábrica. Fijación de solapes de armadura antes del vertido del mortero de relleno.

El relleno de los huecos se realizará con un hormigón de dosificación adecuada al tamaño del hueco. Para huecos mayores de 10 cm se puede utilizar hormigón con áridos de tamaño máximo 20 mm. Para huecos menores se puede utilizar mortero de dosificación 1:3.

La consistencia debe ser blanda, para asegurar el relleno perfecto de los huecos, sin que se produzca segregación en los áridos.

11.4.3. COLOCACIÓN DE COSTILLAS VERTICALES

Las costillas de refuerzo deben disponerse enteras en toda la altura vertical del muro y sin solapes, pudiendo fijarse por arriba o por abajo, o bien por ambos lados a la estructura resistente.

Antes de colocar las costillas en su posición definitiva, se replanteará el conjunto del muro de fábrica con sus bloques, para adecuar la modulación de las armaduras prefabricadas de tendel, con la separación regular de las costillas, contando con su longitud de solape mínima, junto con la modulación del bloque.

Para facilitar la ejecución del albañil, se procurará replantear las costillas de tal modo, que las armaduras de tendel vayan a solaparse en la vertical de las costillas.

Puede evitarse solapar en la costilla, modulando los niveles de los tendeles de la fábrica con la triangulación de las costillas verticales, o bien enhebrando de arriba a abajo las armaduras de tendel a lo largo de las costillas, si las cerchas de tendel son de igual o mayor ancho que la costilla.

A la hora de determinar el tipo de fijación a colocar, hay que tener en cuenta que las costillas dispuestas verticalmente soportan los momentos en el plano perpendicular al muro, transmitiendo dichos esfuerzos o bien sólo abajo en la base del muro, debiendo entonces poner dos fijaciones una a cada lado de la costilla, o bien arriba y abajo del muro, debiendo entonces disponerlas uno a cada extremo inferior y superior de la costilla.

En la puesta en obra, habrá que comprobar que se logra el afianzado de las fijaciones a las costillas, apretando correctamente las tuercas entre ellas.



Ilustración 177. Armadura de tendel y costilla vertical [izquierda y centro]. Anclaje de costilla a forjado superior [derecha].

Los anclajes de los muros de cerramiento y particiones sujetos a los soportes, deberán disponer de doble libertad de movimiento.

11.5. PROTECCIONES

La fábrica de bloques deberá protegerse durante su construcción de:

- La lluvia: Se debe evitar que la lluvia caiga directamente sobre la fábrica hasta que el mortero haya fraguado. Se cubrirá con plásticos para evitar el lavado de los morteros, la erosión de las juntas y la acumulación de agua en el interior del muro. Se procurará colocar lo antes posible elementos de protección como alfeizares, albardillas, etc.
- El hielo: Evitar ejecutar fábricas durante los periodos de heladas. Inspeccionar la fábrica al comienzo de la jornada cuando se produzcan heladas, debiendo demoler las zonas afectadas que no garanticen la resistencia y durabilidad establecidas. Proteger la fábrica con mantas de aislante térmico o plásticos si se prevé que puede helar en las horas siguientes a la ejecución.
- El calor y los efectos de secado por el viento: Mantener húmeda la fábrica para evitar una evaporación del agua del mortero demasiado rápida, hasta que alcance la resistencia adecuada.
- Daños mecánicos: Se protegerán los elementos vulnerables de la fábrica (aristas, huecos, zócalos, etc.) de posibles daños y perturbaciones debidos a otros trabajos a desarrollar en obra (vertido de hormigón, andamiajes, tráfico de obra, etc.).

11.6. INTERRUPCIONES

No es recomendable dejar interrumpida la fábrica durante periodos de tiempo prolongados. Si esto es inevitable es preferible terminarla en una hilada horizontal.

Si se pretende dejar interrumpida verticalmente la fábrica para ejecutar el muro antiguo en época distinta, se dejará escalonada evitando los entrantes y salientes (adarajas y endejas). Si se deja la junta vertical se preverán armaduras en los tendeles para garantizar la unión posterior con el muro contiguo.

11.7. ARRIOSTRAMIENTOS

Las fábricas se realizarán elevando a la vez los muros de carga y los de arriostramiento para evitar problemas de estabilidad.

En los casos donde no se pueda garantizar la estabilidad, la fábrica se arriostará durante su construcción a elementos suficientemente sólidos (estructura, andamios, etc...) para evitar vuelcos debidos a acciones horizontales imprevistas.

Los muros que durante su construcción queden temporalmente sin arriostar y puedan estar sometidos a cargas de viento, se les apeará provisionalmente para garantizar su estabilidad.

Los muros acostillados, al disponer previamente las costillas con sus fijaciones correspondientes, al empezar la colocación de los bloques, son estables aun no habiendo fraguado por completo, pudiéndose eludir en determinados casos su necesidad de apeo.

11.8. ALTURA MÁXIMA

No se deberá ejecutar una altura de fábrica excesiva que pueda provocar inestabilidad y un posible aplastamiento del mortero, debiendo tener en cuenta el espesor del muro, el tipo de mortero, el tipo de piezas y el grado de exposición al viento.

Se recomienda levantar una longitud de muros suficiente para evitar el problema anterior y hacerlo a la vez tanto en muros de carga como de arriostramiento, realizando los encuentros, esquinas, etc..., según se van elevando las hiladas.

11.9. PUESTA EN CARGA DE LA FÁBRICA

La fábrica no deberá cargarse hasta que haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar las cargas previstas sin dañarse.

En el caso particular del apoyo de forjados, estos deberán colocarse sobre el muro cuando las juntas de mortero hayan endurecido y tengan resistencia suficiente para aguantar las cargas previstas.

11.10. TERMINACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS

Se evitará en todo momento que los muros de cerramiento que envuelven estructuras porticadas, puedan entrar en carga por las deformaciones de estas últimas, o las dilataciones de la fábrica. Para ello habrá que asegurarse de disponer las adecuadas juntas horizontales de movimiento entre ambos, empleando materiales deformables e impermeables.

NOTA: No hay que olvidar que los muros de cerramiento, al tratarse de muros no cargados, son más sensibles al vuelco por la acción del viento, por lo que se hace necesario anclarlos correctamente con los medios apropiados a la estructura resistente. Otra posibilidad es el diseño de paños de arriostramiento.

12. BUENAS PRÁCTICAS MEDIOAMBIENTALES DE LA EJECUCIÓN DE FÁBRICAS

El medio ambiente, de forma general, se ve desatendido porque no se sospecha que una organización y sensibilización hacia los residuos y materiales desechables no empleados en obra, pueda tener un reciclado o incluso, una bonificación al usuario.

El bloque de hormigón, como otros tantos materiales que se emplean en la obra, ha de emplearse convenientemente y con sentido ecológico no sólo por el mismo, al que podemos considerar prácticamente inerte y medioambientalmente integrado con el entorno.

Las recomendaciones pues que podemos elevar en la ejecución de estas fábricas son:

1. Los materiales de agarre, cemento, áridos, aditivos u otros materiales pulverulentos, silos de acopio o tolvas de los mismos, deberán ser herméticos y provistos de la capacidad suficiente para evitar contaminaciones a la atmósfera por el viento, arrastre de partículas, así como en las playas de áridos se dispondrán muros o pantallas que impidan el arrastre de partículas y polvo por efecto del viento.

2. Los aditivos traerán su correspondiente ficha de seguridad con las indicaciones de empleo y recogida de los envases de suministro, bidones, latas, recipientes,... que serán recogidos por gestor autorizado.

3. Se prohíbe expresamente el empleo de aceites, gas-oil, u otros derivados en desencofrantes, limpieza de máquinas o medios auxiliares, que puedan fluir al saneamiento público o contaminen el terreno.

4. Los plásticos, envoltorios, flejes, o retráctil de empleo en los paquetes de recepción de los bloques, así como los palés de madera se recogerán y se prohibirá expresamente la realización de hogueras en obras con los mismos.

Si los palés de madera son de reutilización se acopiarán en sitio seguro y protegido a la espera de la recogida por el suministrador. Si son desechables, como los plásticos, se almacenarán en un contenedor específico para ser recogidos igualmente por gestor autorizado.

5. Las hormigoneras, pasteras, u otros utensilios de mezcla que se empleen para las amasadas, para su limpieza con agua, se preverá una balsa de decantación dentro del solar de obra que evite la llegada a los sistemas públicos de saneamiento de las aguas sucias. Sólo se podrá verter a la red el agua de limpieza que no posea los contenidos prohibidos de acidez, pH, y demás sustancias no autorizadas que puedan ser consideradas aguas residuales no permitidas por las ordenanzas municipales o de la Comunidad Autónoma donde se ubique la obra.

Estas balsas se limpiarán con asiduidad o cada vez que lo ordene la Dirección de Obra, trasladando lodos o finos a vertedero autorizado. Si la producción de agua es notoriamente excesiva, se hará un estudio de los componentes para ser tratada por técnico competente y con la aprobación de la Dirección correspondiente de medio ambiente.

6. Los desperdicios de cortes, piezas defectuosas de fábrica u otros residuos de morteros de agarre no empleados en la fábrica y/o provenientes de la limpieza diaria, se verterán al contenedor de escombros para trasladar a vertedero autorizado.

En general, una conciencia ecológica actual y avanzada de respeto al medio ambiente, ha de tenerse presente en la ejecución de las fábricas como valor añadido al periodo de obra y entorno en que se ubica, alejando la imagen común de considerar la obra como un lugar "poco cuidado" o literalmente contaminante, para producir un efecto de organización y seguridad en la construcción que será apreciada por nuestros clientes finales y promotores como agentes especializados y respetuosos con el medio ambiente, en el oficio de la edificación.

13. MANTENIMIENTO Y PATOLOGÍAS

Como en cualquier sistema constructivo, el mantenimiento es una parte importante dentro de la fábrica de bloque de hormigón, de modo que la duración de la vida útil de un edificio puede estar asociada directamente con la calidad de su mantenimiento. Sin un mantenimiento preventivo y la realización de pequeñas actuaciones cuando se requieran, se pueden llegar a producir costosos daños tanto en el edificio como en su contenido.

Un buen programa de mantenimiento reducirá enormemente las oportunidades de que surjan problemas en la fábrica, lo que resulta de gran importancia si se tiene en cuenta que el coste la reparación de un daño importante suele sobrepasar ampliamente el coste de un mantenimiento adecuado.

La fábrica de bloque de hormigón es un sistema de construcción duradero que normalmente no requiere un mantenimiento específico. Los problemas debidos a su falta de mantenimiento, cuando estos ocurren, suelen ser resultado de un error de diseño o de ejecución. Sin embargo, y según establece el CTE-SE-F en su apartado 9, deberá establecerse un plan de mantenimiento según las siguientes consideraciones:

- 1 El plan de mantenimiento establece las revisiones a que debe someterse el edificio durante su periodo de servicio.
- 2 Tras la revisión se establecerá la importancia de las alteraciones encontradas, tanto desde el punto de vista de su estabilidad como de la aptitud de servicio.
- 3 Las alteraciones que producen pérdida de durabilidad requieren una intervención para evitar que degeneren en alteraciones que afectan a su estabilidad.
- 4 Tras la revisión se determinará el procedimiento de intervención a seguir, bien sea un análisis estructural, una toma de muestras y los ensayos o pruebas de carga que sean precisos, así como los cálculos oportunos.
- 5 En el proyecto se debe prever el acceso a aquellas zonas que se consideren más expuestas al deterioro, tanto por agentes exteriores, como por el propio uso del edificio (zonas húmedas), y en función de la adecuación de la solución proyectada (cámaras ventiladas, barreras antihumedad, barreras anticondensación).
- 6 Debe condicionarse el uso de materiales restringidos, según el capítulo 4 de este DB, al proyecto de medios de protección, con expresión explícita del programa de conservación y mantenimiento correspondiente.
- 7 Las fábricas con armaduras de tendel, que incluyan tratamientos de autoprotección deben revisarse al menos, cada 10 años. Se sustituirán o renovarán aquellos acabados protectores que por su estado hayan perdido su eficacia.

8 En el caso de desarrollar trabajos de limpieza, se analizará el efecto que puedan tener los productos aplicados sobre los diversos materiales que constituyen el muro y sobre el sistema de protección de las armaduras en su caso.

13.1. INSPECCIÓN

Las estructuras de bloque deben inspeccionarse periódicamente en busca de signos de deterioro en las piezas, goteos de agua, deterioro de las juntas, y otros posibles problemas. Como ejemplo, una rotura o fisura puede ser indicio de un problema estructural a o de un asiento, que sin reparación podrá acelerarse y aumentar el daño si no es detectado con una inspección rutinaria.

Como término medio aconsejable, se debería realizar una inspección anual por el propio usuario del edificio, y cada cinco años debería realizarse una inspección por un técnico competente.

El propietario del edificio debe tener una copia del proyecto original en el que figuren las especificaciones de los materiales empleados y proveedores, pruebas realizadas y toda documentación al respecto.

En cada inspección se deberían identificar las áreas del edificio con potenciales problemas, que deberán ser monitorizadas o controladas en mayor medida. El inspector deberá comparar las áreas protegidas de la fábrica con aquellas partes exteriores expuestas a los agentes atmosféricos, para controlar el posible deterioro o desarrollo de problemas debidos a estos agentes.

Cada inspección debe revelar en primer lugar si un problema existe, para a continuación determinar la extensión y la causa del mismo. Un problema en una parte de una fábrica puede no ser obvio, pudiendo manifestarse incluso en otra parte de la estructura o del edificio. Por ejemplo, un pequeño daño puede pasar desapercibido para el observador común, sin embargo, una filtración de agua con la formación de un charco será rápidamente reconocida por cualquier usuario inexperto. Una vez localizado el problema e identificada la causa, se podrá diseñar y aplicar la solución. Tras la reparación de toda patología, la zona deberá estar controlada para vigilar su posible reaparición y/o el desarrollo de otros posibles problemas.



Ilustración 178. Estudio del interior de la fábrica mediante un endoscopio de fibra óptica.

Normalmente con una inspección visual suelen detectarse la mayor parte de los problemas, sin embargo hay casos en los que puede ser recomendable inspeccionar el interior de la fábrica mediante un endoscopio.

13.2. AGENTES ATMOSFÉRICOS

La acción de los agentes atmosféricos y de los ciclos hielo-deshielo se caracteriza por la aparición de fisuras, desprendimiento de fragmentos y erosión superficial. Las fábricas totalmente exteriores, que permanecen expuestas a estos agentes por ambas caras, resultarán especialmente vulnerables.

La aparición de pequeños fragmentos sobre salientes o elementos de mobiliario pueden ser la primera manifestación de este tipo de patologías.

Se deberá impedir la entrada de agua en los huecos de los bloques, para evitar la rotura completa de las piezas debida a la congelación. El agua al helarse aumenta su volumen alrededor de un 9%, ejerciendo una fuerza enorme en el bloque muy superior a la que este puede resistir. En casos en los que se detecten piezas afectadas puntualmente dentro de una fábrica, se deben eliminar y reemplazar estas para evitar la continua entrada de agua por las fisuras generadas.

En situaciones muy húmedas, como paramentos orientados a norte con poca ventilación o circulación de aire, se darán las condiciones propicias para la aparición de microorganismos como las algas y cianobacterias, manifestadas a través de pátinas sobre la fábrica, mediante verdines. Estos organismos necesitan un alto grado de humedad y una alta porosidad del material sobre el que se fijan, por este motivo resultará interesante emplear piezas con un alto grado de calidad por parte del fabricante ya que serán piezas más compactas y lisas. Sus efectos además de antiestéticos son el mantenimiento de la humedad sobre la fábrica, facilitando la adherencia de contaminantes, siendo además precursores de otros organismos. Si estas algas y cianobacterias no se eliminan se favorece la aparición de hongos y líquenes, provocando la desagregación de los bloques por la acción de las hifas de los hongos y las alteraciones químicas por la segregación de ácidos de los líquenes.

Las juntas de mortero también deberán inspeccionarse, ya que es posible que la expansión del mortero produzca el desalineado de los bloques. Las condiciones de este mortero pueden estimarse rascando su superficie con un cuchillo o incluso una uña. Una leve cantidad de polvo de mortero viejo es común y no suele representar un problema, sin embargo el mortero puede llegar a deteriorarse hasta el punto de desprenderse de la junta. La separación entre mortero y bloque puede producirse debido a la incompatibilidad entre ambos materiales, abombamiento del muro u otros motivos. En estos casos, y una vez reconocida y evitada la causa, se deberá reponer el mortero mediante el rejuntado (ver apartado 13.8. Rejuntado).

13.3. FISURAS Y ROTURAS

Las fisuras, desprendimientos, pérdidas de aplomado del paramento y abombamientos pueden ser signos de movimientos no controlados.

La inclinación de la fábrica y los abombamientos pueden ser originados por diferentes motivos, como la formación de hielo dentro de las cavidades interiores, anclaje insuficiente o fallo estructural. Las fisuras y desprendimientos suelen acompañar a esta serie de problemas.

En ocasiones estos problemas pueden estar motivados no por un problema de diseño o ejecución, si no que pueden tener su origen en una patología del hormigón, haciéndole perder capacidad mecánica o incluso su disgregación.



Ilustración 179. Desprendimiento tras el abombamiento de la fábrica.

Una correcta ejecución de la fábrica junto a una adecuada distribución de juntas de control, deberían acomodar los movimientos debidos a los cambios de humedad y temperatura. Como es lógico, las fábricas expuestas por ambas caras experimentarán mayores movimientos inducidos por estos cambios de humedad y temperatura, por lo que tenderán a sufrir mayores fisuras.

Del mismo modo, los puntos en los que se produce un encuentro o coincidencia entre dos materiales diferentes, son puntos en los que pueden producirse fisuras con mayor facilidad.

El sometimiento de la fábrica a unos esfuerzos inadecuados también es una clara causa de la aparición de fisuras y roturas. Las fisuras verticales en la zona media de un paño de fábrica pueden indicar una sobrecarga de compresión demasiado elevada. Por otra parte cuando haya errores de diseño también suelen producirse fisuras alrededor de los huecos abiertos en la fábrica, como ventanas o puertas, al igual que en esquinas, cuando surgen esfuerzos estructurales imprevistos.



Ilustración 180. Grietas y fisuras por esfuerzos estructurales imprevistos.

La pérdida de aplomado y abombamientos de la fábrica, producidas por el fallo o carencia de anclajes, puede corregirse colocando anclajes dispuestos de manera adecuada según cada caso a través del muro.

13.4. RESISTENCIA A LA HUMEDAD

La fábrica de bloque es hidrófila por naturaleza, de modo que, sin la adopción de ningún método de protección, el agua se moverá a través de la porosidad natural de los bloques y del mortero. Por este

motivo el agua tratará de encontrar un camino de entrada y generar daños en los acabados interiores y otros materiales. Adicionalmente, en áreas donde existe la posibilidad de congelación, los daños producidos por la expansión del agua al helarse resultan notablemente perjudiciales, llegando a abrir vías de entrada muy importantes.

Estrictamente el término “impermeable” implica una barrera total al paso del agua y la infiltración de humedad, sin embargo en la práctica este término se emplea comúnmente para describir revestimientos empleados para conferir a la superficie de un material un grado razonable de resistencia a la penetración del agua en sus diferentes estados.

La penetración de agua en la fábrica ocurre de dos maneras básicas: activa y pasiva. La acción pasiva de capilaridad del agua hacia el interior de los pequeños poros se produce cuando el agua líquida entra en contacto con la superficie bajo una presión baja o nula. Por otra parte la penetración activa de agua se ocurre como resultado de la acción del agua bajo cierta presión sobre una superficie que contiene aberturas mayores que la red capilar.

En el caso de una fábrica de bloque realizada con piezas de calidad bien compactadas, normalmente en la penetración capilar intervienen pequeños volúmenes de agua, causando relativamente problemas menores. Sin embargo las patologías producidas por las penetraciones activas pueden producirse en todo tipo de fábricas, con resultados de mayor gravedad y presencia de volúmenes de agua que pueden ser muy superiores; las aberturas necesarias pueden ser resultado de una mala ejecución, un error de diseño, o por la acción de agentes externos, presentándose como grietas, fisuras, juntas abiertas y encuentros mal resueltos.

13.4.1. CONTROL DE LA HUMEDAD. TRATAMIENTOS

La humedad puede atravesar una fábrica de bloque a través de multitud de vías, tales como los poros de las piezas, por el mortero de juntas, la red capilar, fisuras de retracción, encuentros de materiales, soluciones constructivas incorrectamente resueltas, o fisuras causadas por aspectos estructurales.

Los orígenes más habituales de humedades suelen ser las aguas del subsuelo, los fallos en instalaciones, el agua de lluvia (normalmente ayudada por la acción del viento), y el vapor de condensación.

Tal como se ha mencionado, la penetración de agua en el interior de la fábrica suele ser el resultado de la presencia de una vía de entrada que rompe la envolvente. La existencia de esta vía seguramente tenga su origen en un diseño y/o ejecución impropia o inadecuada. Las vías de entrada podrán clasificarse dentro de los siguientes tipos, cada uno de ellos con diferente grado de penetración:

Fisuras o grietas

Son la mayor fuente de entrada de agua, pudiendo clasificarse a su vez en fisuras vivas (las que conservan la dinámica de apertura), fisuras muertas (las que permanecen estables) y microfisuras o capilares. Las fisuras vivas, tales como las originadas por las retracciones y dilataciones de origen térmico, pueden ser selladas con un sellante elastomérico. Las fisuras muertas pueden estar causadas por retracciones de fraguado, movimientos estructurales estabilizados o separación entre materiales, y su reparación varía en función de parámetros como su calibre, origen, materiales presentes,... etc. Finalmente las microfisuras y/o capilares presentes por la propia naturales de los

materiales y/o su puesta en obra, podrá solventarse mediante la aplicación de hidrofugantes (superficiales, impregnantes o penetrantes), según las indicaciones del fabricante. Las grietas de calibres importantes deberán estudiarse de manera individualizada, procediéndose normalmente, y en primer lugar al rellenado con mortero.

Huecos

En su mayoría presentes en las juntas de mortero, suelen ser el resultado de fallos durante la ejecución de la fábrica o su rejuntado. Su reparación se consigue mediante la aplicación de un sellante tipo mastic o bien morteros finos.

Poros

La estructura interna de hormigones y morteros facilita la creación de poros, cuyos tamaños varían en función de las características del material. En el caso de la fábrica de bloque, los poros suelen tener unas dimensiones tan reducidas que no acarrear problemas, exceptuando las migraciones de humedad muy lentas. La presencia de poros problemáticos surge cuando se ha empleado hormigón demasiado seco para la fabricación del bloque. En el caso de las juntas de mortero, si estas se han ejecutado correctamente, bajo condiciones normales no contribuyen al paso de la humedad.

TRATAMIENTOS

La decisión de emplear un tratamiento antihumedad sobre una fábrica de bloque, normalmente será el resultado de haber considerado una serie de aspectos. En unos casos será decisión del propietario, en otros del proyectista y en otros de ambos. Esta decisión puede verse influida por un aspecto estético, como por ejemplo la elección de un bloque split coloreado en masa, lo que aporta una apariencia propia mediante textura y color.

Se debe hacer entonces una diferenciación entre los casos en los que se ha decidido construir un edificio de fábrica de bloque, y los casos en los que se ha elegido la fábrica de bloque como un elemento constructivo más dentro del proyecto. A continuación habrá que evaluar si la apariencia de la fábrica debe llegar a ser parte integrante del edificio, lo que llevará a definir los posibles colores, tipos de áridos, tipos de piezas a emplear y texturas superficiales. En estos casos, en los que se han determinado cuidadosamente las características estéticas de la fábrica, resultará recomendable decidir la aplicación de un tratamiento antihumedad.

La elección de la fábrica de bloque de hormigón como parte integrante de la apariencia de un edificio proporciona numerosos beneficios. Allí donde antiguamente el color gris de estos materiales proporcionaba una imagen fría o pobre, en la actualidad resultará posible escoger entre variedad de tonos y colores, incluso personalizados para cada proyecto. Con una buena elección de las piezas resulta posible reducir complejidad de ejecución y costes, puesto que la fábrica resuelve de manera directa la función de cerramiento/compartimentación, con el acabado final, pudiendo comportarse incluso como elemento estructural al mismo tiempo.

La aplicación de un tratamiento antihumedad proporciona protección frente a la intrusión de agua, pudiendo mantener inalterada la apariencia de la fábrica. Estos tratamientos no sólo mejoran el comportamiento frente a la humedad sino que además la mayoría consiguen mantener el buen aspecto de la fábrica durante más tiempo, ya que una permeabilidad menor previene de la penetración de suciedad.

Además de considerar la elección del tipo de piezas, las juntas de mortero también pueden resultar una ruta de entrada para la humedad. En el caso habitual de piezas huecas se debe aplicar el mortero desde el fondo de las paredes exteriores de la pieza, y en el caso de fábricas rellenas de mortero resulta recomendable el uso de piezas con las cabezas abiertas, pues se mejora el comportamiento frente a la humedad y se minimizan los posibles defectos en las llagas.

El tipo de junta recomendado será el enrasado, pues ofrece un frente continuo sin posibilidad de retener el agua en su descenso por la cara de la fábrica. Otros tipos de junta como la cóncava o en V también ofrecen buenos resultados frente al clima exterior.

TIPOS DE TRATAMIENTOS

La lista de tratamientos hidrofugantes crece constantemente, sin embargo es posible hacer una clasificación según su comportamiento, características, composición,... etc.

La clasificación según su comportamiento puede hacerse atendiendo a al grado de permeabilidad que permiten. Los tratamientos impermeables generan una superficie sellada al agua, ya sea en estado líquido como gaseoso, tanto en flujos de dentro a fuera como de fuera a dentro. Pese a que esto pudiera parecer lo más indicado, lo que interesará en la mayoría de los casos será impedir la entrada de agua del exterior, al tiempo que se permite la salida del vapor generado en el interior.

Los tratamientos incoloros, aún siendo incoloros, pueden producir alguna variación en la apariencia de la fábrica, si bien esta variación se verá más acentuada si no se aplica al conjunto de la fábrica visible desde un mismo punto, ya que en caso de mojarse podrían apreciarse claramente las zonas que han sido tratadas y las que no, debido al comportamiento diferente frente a la acción del agua. Algunos de estos tratamientos pueden variar el aspecto de la fábrica dándole un tono más oscuro o un acabado superficial más satinado. Por estos motivos resultará siempre recomendable realizar unas muestras antes de su aplicación definitiva sobre la fábrica ejecutada, si bien el posible deterioro de un producto debido al paso del tiempo no es apreciable o evaluable a través de este tipo de pruebas.

En cuanto a su posición, los tratamientos pueden clasificarse en superficiales (depositándose en forma de film sobre la fábrica), penetrantes (en estado más fluido que los superficiales, penetran en los bloques y el mortero de juntas taponando sus poros) y finalmente los integrales (incluidos en los componentes de la fábrica durante su fabricación).

Finalmente la clasificación según el tipo de base suele ser el más inmediato para identificar el tipo de tratamiento. Si bien, no es habitual que el personal en el mundo de la construcción tenga conocimientos suficientes para reconocer familias o tipos más allá de los derivados del petróleo y los derivados del sílice.

Las bases más empleadas incluirán los siguientes componentes:

- Acrílicos.
- Estearatos.
- Siliconas.
- Siliconatos.

- Silicatos.
- Silanos.
- Siloxanos.

La elección del tipo de base resultará un factor determinante para el buen resultado del tratamiento, aunque la decisión entre una base monomérica o polimérica y en suspensión o disolución puede resultar exasperante.

Conocer las características de cada tipo de base resultará pues de ayuda.

- Los acrílicos, estearatos y algunas siliconas normalmente forman un film superficial sobre la fábrica; teniendo como efecto secundario el aporte de un acabado satinado y acentuación de los tonos.
- Los silanos y siloxanos se emplean como tratamientos penetrantes, reaccionando con los minerales silíceos presentes en los bloques y en el mortero; la alcalinidad natural de los productos cementosos suele actuar como catalizador en estas reacciones, si bien algunos tratamientos incluyen catalizadores para mejorar o extender la reacción.

Profundizando un poco más dentro de cada familia vemos sus características concretas:

- Las bases acrílicas son polímeros y copolímeros que, como ya se ha mencionado, forman un film superficial. Las variaciones y combinaciones químicas permiten modificar la presentación del tratamiento, pudiendo ser en forma sólida, elastómera o líquida. Suelen ser claras y solubles en multitud de disolventes, incluso en agua.
- Los estearatos se basan en ácidos esteáricos que forman una capa “jabonosa” en los poros de la fábrica. Inicialmente clasificados como films superficiales, en la actualidad se comportan más como tratamientos penetrantes e incluso integrales. Los más habituales son los estearatos de aluminio y de calcio, y los disolventes suelen ser minerales.
- Las siliconas son resinas poliméricas, cuyas variaciones en el tamaño y forma de la polímero hacen que se comporte como tratamiento superficial o penetrante. Existen emulsiones de silicona, aunque lo más habitual son las disueltas en disolventes orgánicos o minerales.
- Los siliconatos son siliconas con base acuosa, siendo muy alcalinas. La mayoría de siliconatos disponibles no indican el contenido en siliconato activo, que en muchos casos no alcanza el 50% de su peso en sólidos, el resto del peso en sólidos suele ser sodio o hidróxido de potasio, quienes son los responsables de la alcalinidad del tratamiento.
- Los silicatos alcalinos son soluciones alcalinas de base acuosa que actúan endureciendo y aumentando la densidad de los materiales cementosos.
- Los silanos forman una barrera química hidrófuga con los compuestos silíceos de la fábrica, clasificándose pues como tratamientos penetrantes. Su presentación habitual suele ser en soluciones de alcohol, minerales, o incluso agua.

- Los siloxanos forman una barrera química hidrófuga con los silicatos presentes en la fábrica, clasificándose pues como tratamientos penetrantes, con características similares a las de los silanos.

Finalmente resulta posible encontrar mezclas de algunos de los anteriores productos, combinadas para mejorar las características finales del tratamiento.

13.4.2. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Al igual que en el resto de fábricas, resulta posible aplicar tratamientos o revestimientos superficiales sobre la misma capaces de controlar totalmente el paso de la humedad. Sin embargo, la desventaja evidente de este tipo de soluciones es la modificación o incluso eliminación de la expresión estética de esta fábrica, según el tipo de tratamiento aplicado. Por otra parte tampoco habrá que olvidar que estos tratamientos suelen requerir un mantenimiento y conservación específico.

Dentro de este tipo de soluciones destacan las pinturas, existiendo productos especiales para su aplicación sobre paramentos de fábrica de bloque de hormigón. Las pinturas ofrecen una uniformidad de color diferente a la que muchos fabricantes de bloque pueden ofrecer, aunque nuevamente hay que recordar la necesidad de mantenimiento y/o re-aplicación. En el caso de las pinturas, una vez aplicadas, resultará difícil recuperar la superficie natural de la fábrica. Actualmente se dispone de una amplia gama de productos, con adiciones o bases de látex, elastoméricas,... etc. cada una de ellas con características a evaluar por parte del proyectista.

De entre los diferentes tipos de pinturas existentes, cabe destacar la no recomendación de pinturas de tipo epoxi y las basadas en caucho y aceite. Estos productos forman una superficie impermeable que no permiten que la fábrica transpire.

Otro producto aplicable son los tapa poros, capaces de sellar los poros, capilares e incluso pequeños huecos en la superficie de la fábrica. Este tipo materiales son recomendables cuando las piezas de la fábrica sean más porosas de lo habitual, siendo aconsejable consultar con cada fabricante de bloque, pues la porosidad depende fundamentalmente de las materias primas empleadas (principalmente del tipo de áridos) y de la compacidad alcanzada durante su fabricación. Con la aplicación de estos productos se reduce significativamente la penetración de la humedad, y en el caso de una posterior aplicación de pinturas también se reduce su consumo.

Consideración aparte tendrían los revestimientos continuos mediante conglomerados, tales como enfoscados, enlucidos y revocos. Su comportamiento y prestaciones varían en función de su composición, y en este caso resulta evidente que su aplicación deja oculta la presencia estética de la fábrica.

13.4.3. APLICACIÓN DE HIDROFUGANTES

Como ya se ha mencionado, la fábrica, por su naturaleza, es porosa y no puede conseguir una resistencia total a la penetración de agua a no ser que se le aplique un recubrimiento. Sin embargo, el uso de recubrimientos en las fábricas probablemente arruine el propósito de la elección de la misma, ya que el recubrimiento por lo general cambia el color, la textura y su apariencia en general, a no ser que se aplique el recubrimiento sobre una cara de la fábrica que no se prevea que quede vista.

Tratar de obtener una fábrica expuesta impermeable de manera totalmente fiable es impracticable, aunque si se puede conseguir una resistencia a la penetración de agua bastante aceptable.

Una alternativa a los tratamientos aplicados en la superficie de la fábrica, son los aditivos específicos añadidos en el bloque de hormigón y el mortero de juntas, que cuentan con la gran ventaja de que no cambian la apariencia de la fábrica.

Cuando se emplean este tipo de hidrofugantes integrados en los componentes de la fábrica, no resulta necesario emplearlos en el mortero de relleno, ya que, en condiciones óptimas, la humedad no debería alcanzarlo.

El proyectista también deberá ser consciente de que las piezas no absorberán la humedad del mismo modo que lo harían las piezas normales que no incluyen aditivo hidrófugo. Esto resultará especialmente significativo en las fábricas total o parcialmente rellenas, puesto que el exceso de agua del mortero de relleno que normalmente se disiparía a través de las piezas ya no podrá hacerlo. El uso de repelentes integrados en las piezas provocan una presión hidrostática en las piezas y mortero, buscando una salida hacia el exterior de la fábrica a través de un camino con menor resistencia.

ELECCIÓN DEL HIDROFUGANTE

No existe un sistema concreto para la elección del hidrofugante adecuado para cada caso, ya que hay numerosos factores que hay que tener en consideración, tales como:

- Recomendaciones de aplicación por parte del fabricante del hidrofugante.
- Revestimiento superficial a modo de film o aplicación penetrante.
- Efecto sobre la apariencia de la fábrica.
- Número de manos (aplicaciones) necesarias y rendimiento.
- Posibilidad y/o necesidad de repetir el tratamiento.
- Compatibilidad con otros revestimientos.
- Requisitos de aplicación.
- Compatibilidad de materiales.
- Posibles limitaciones para la aplicación.
- Durabilidad de la solución.

La garantía ofrecida puede resultar un buen argumento para comparar productos de diferentes fabricantes, aunque a menudo pueda ser usada como herramienta de venta y únicamente tenga el valor de la compañía que está detrás. Si bien en una compañía de buena reputación estarán atentos a su producto aparte de garantías.

13.5. PERMEABILIDAD AL AGUA Y AL AIRE

El agua y el aire pueden penetrar en la fábrica a través de diferentes vías, como pueden ser:

- Fallo en el sellado de juntas de movimiento.
- Aberturas en el mortero de juntas o en las propias piezas.
- Zonas en las que la barrera impermeabilizante o hidrofugante ha sido mal dispuesta.
- Zonas en las que no existe barrera impermeabilizante.

Además de esto hay otros factores que deber tenerse en consideración, como la importancia de los rebosaderos y agujeros de evacuación para lograr un buen drenaje. Del mismo modo, la aparición de eflorescencias en la superficie de la fábrica o de pequeños charcos en el interior del edificio, son indicios claros de que el agua ha penetrado en el interior de la fábrica o a través de ella.

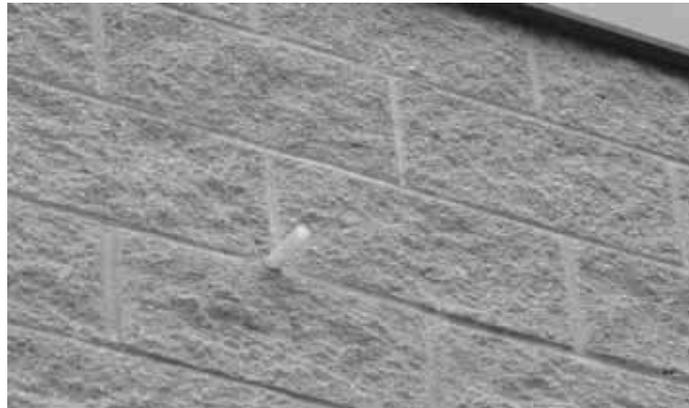


Ilustración 181. Pipeta de drenaje para evacuación de la cámara de aire intermedia.

El movimiento de aire dentro y fuera de fisuras y aberturas puede transmitir la humedad a través de la fábrica, lo que sumado a unas bajas temperaturas puede hacer que la humedad se condense, generando condensaciones intersticiales. En edificios con cierta altura, estas pequeñas fugas de aire se agravan debido a las diferencias de presión generadas por las variaciones de temperatura y densidad entre el aire interior y el aire exterior, forzándose un flujo de entrada en las partes bajas y de salida en las partes altas del edificio.

Determinados patrones en eflorescencias o humedades (en ocasiones heladas con bajas temperaturas) que se manifiestan en la fábrica en determinados momentos del año, evidencian un flujo de aire hacia el exterior. Las fisuras o grietas entre un muro y una columna, losa, forjado, o encuentro con muros perpendiculares, son puntos claros de posibles fugas de aire, al igual que en los puntos en los que los marcos y/o premarcos se encuentran con la fábrica.

El método más rápido y eficaz para solucionar estas fugas de aire, es la aplicación de un sellante adecuado, aplicado tal y como se expuso anteriormente, siempre que el tamaño y características de la abertura lo permitan.

Al igual que en otros sistemas, el uso de barreras de vapor dispuestas en la cara caliente del cerramiento previene las acumulaciones de humedad dentro de la fábrica.

La aparición de aire húmedo o agua en la fábrica puede producir corrosión en anclajes, armaduras y otros elementos metálicos presentes en el interior, causando más fisuras e incluso posibles pérdidas de aplomado y abombamientos. Aunque más extraño, esta presencia de agua también puede generar pares galvánicos entre estos elementos metálicos, lo que causa los mismos problemas, a los que habría que sumar los derivados de la desaparición de uno de los materiales metálicos.

Tal como se expuso en los casos de congelación debida a los agentes atmosféricos, la entrada de agua puede causar grandes daños si esta llega a congelarse.

Para que el agua penetre en el muro, debe alcanzar su superficie por ejemplo mediante la lluvia, si existen fisuras u otras aberturas el agua será conducida hacia el interior por el viento, la fuerza de la gravedad o la diferencia de presiones del aire. Para prevenir que el agua atraviese el muro se usarán barreras impermeables, incluso bajo las tapas o albardillas, dinteles,... etc. estas barreras no deben rematarse demasiado cerca del extremo de las piezas, sino que se prolongarán para evitar que el agua acabe en el interior, o incluso formar un saliente a modo de goterón especialmente en umbrales y dinteles.

A menos que se reparen rápidamente, las filtraciones y acumulaciones de agua en la fábrica pueden inducir severas patologías en estas estructuras. Los tratamientos hidrófugos transpirables son muy útiles, mientras que las láminas totalmente impermeables pueden llegar a atrapar la humedad en el interior.

13.6. SELLADO DE JUNTAS DE MOVIMIENTO

El sellado de juntas puede deteriorarse y romperse debido a la fatiga por movimiento y la exposición a agentes exteriores, especialmente el secado extremo debido al calor y el ataque de los rayos ultravioleta. El sellante se puede desprender de la fábrica por falta de adherencia, o desgarros en el interior del sellante por falta de cohesión. La falta de adherencia del sellante normalmente indica una pobre preparación previa de la superficie, con limpieza insuficiente. Las superficies porosas deben imprimarse previamente y aplicar el sellante con una presión de alrededor de un 50% con una varilla de célula cerrada. Al mismo tiempo debe evitarse la adhesión en los extremos mediante un elemento que la interrumpa. Los fallos de cohesión surgen cuando se emplea un sellante erróneo, el espacio para el mismo es inadecuado, o las juntas están incorrectamente dispuestas dentro de la fábrica sometiendo al sellante a demasiada tensión (ya sea por tracción o por compresión del mismo).



Ilustración 182. Juntas de dilatación selladas.

En estos casos debe procederse al reemplazo o reposición del sellado de la junta, ya que de lo contrario puede producirse la entrada de agua en el interior de la fábrica, produciéndose daños por helada, humedades, aparición de eflorescencias,... etc. El antiguo sellante deteriorado debe ser eliminado completamente y se limpiará la junta antes de la aplicación del nuevo sellado.

Hay disponibles una serie de herramientas eléctricas que se emplean para eliminar estos sellados, aunque no son recomendables ya que la elevada velocidad a la que se mueven las ruedas o discos de corte generan altas temperaturas que llegan a derretir el sellante existente, dificultando el trabajo. Por otra parte existen otras herramientas vibratorias que cuentan con una cuchilla que se introduce entre el sellante y la pieza de fábrica, produciendo la separación entre ambos limpiamente.

Las juntas de movimiento deberán estar convenientemente dispuestas dentro de la fábrica, estudiando su separación tanto horizontal como vertical, ya que una inadecuada distribución de las mismas puede producir un estiramiento excesivo del sellante o una compresión demasiado elevada. El tipo de sellante, la forma del espacio reservado al mismo (anchura y profundidad), y las características plásticas del material, dictarán su comportamiento ante la deformación. Como norma general, por término medio la profundidad del sellado debe ser alrededor de la mitad de su anchura.

13.7. EFLORESCENCIAS

Las eflorescencias son unos depósitos cristalinos compuestos a base de sales, normalmente blanquecinos, que surgen en la superficie de la fábrica o de cualquier otro paramento o material, surgiendo a menudo cuando la fábrica está recién terminada. Aunque normalmente son inofensivas pero de mala imagen, los depósitos de sales pueden producirse hacia el interior los poros del material, causando posteriormente una expansión que llegará a romper y abrir la superficie, produciéndose en este caso una criptoflorescencia.

Los depósitos de eflorescencias pasan más desapercibidos en superficies claras debido al color blanquecino de las sales cristalizadas, mientras que en las superficies oscuras se pueden convertir en un verdadero problema estético.



Ilustración 183. Eflorescencias severas.

13.7.1. CAUSAS

La eflorescencia es causada por tres condiciones:

- . Presencia de sales solubles en las piezas de la fábrica o mortero de juntas.
- . Presencia de humedad capaz de recoger los compuestos solubles y llevarlos a la superficie.
- . Evaporación o presión hidrostática que lleve la solución a través de la red capilar del material.

Si se elimina cualquiera de estos tres factores la eflorescencia no aparecerá.

Todos los materiales empleados en las fábricas, así como hormigones y morteros, son susceptibles de sufrir eflorescencias, aunque la cantidad y tipos de sales y depósitos varían en función del tipo concreto de materiales y de las condiciones atmosféricas y de humedad.

Las eflorescencias están particularmente afectadas por la temperatura, humedad y circulación de aire o viento. En verano, incluso tras periodos lluviosos, la humedad puede evaporarse tan rápidamente que las cantidades de sales disueltas son tan escasas que pasan desapercibidas. De este modo es más frecuente su aparición durante el invierno, cuando la tasa de evaporación es más lenta y permite a los compuestos solubles migrar a la superficie. Con el paso del tiempo las apariciones de eflorescencias se van reduciendo aunque haya movimiento de humedad a través del muro, ya que el contenido de sales es limitado.

En la mayoría de los casos, los compuestos que causan eflorescencias provienen de debajo de la superficie, aunque los elementos químicos del material pueden reaccionar con los elementos de la atmósfera para formar este fenómeno. Por ejemplo, el cemento portland hidratado contiene una cantidad sustancial de hidróxido de calcio como producto inevitable de la reacción entre el cemento o la cal y el agua; el hidróxido de calcio llevado a la superficie por la humedad se combina con el dióxido de carbono del aire para formar carbonato cálcico, que aparece como un depósito blancuzco. Desde el momento en que el hidróxido de calcio es mucho más soluble en agua fría que caliente, este tipo de depósitos de nuevo son más comunes en invierno que en verano.

Otro posible origen de compuestos solubles es el terreno en contacto con el arranque de la fábrica (o tras un muro de contención). Si los muros no están protegidos con una barrera efectiva, estos compuestos solubles podrán migrar hacia la fábrica incluso hasta varias hiladas de altura a través de la capilaridad.

Finalmente en ambientes marinos resultará inevitable la aparición de este fenómeno por motivos evidentes, si bien este problema se dará en cualquier sistema constructivo.

13.7.2. PREVENCIÓN DE EFLORESCENCIAS

Puesto que son varios los factores que influyen en la aparición de las eflorescencias, es difícil predecir si aparecerán y cuándo aparecerán. No existe un método de test estandarizado para cuantificar el potencial de la fábrica para sufrir eflorescencias, se han propuesto diferentes métodos experimentales, pero ninguno de ellos se ha aceptado como efectivo.

Dadas las características de los materiales empleados en la fábrica y su construcción, es virtualmente imposible eliminar todos los componentes solubles, ni construir muros libres de todo contenido en humedad ni eliminar completamente cualquier camino de migración de la humedad. Sin embargo, es posible seguir ciertos pasos para minimizar la presencia de estos tres factores cruciales. Una buena mano de obra será uno de los medios potenciales más efectivos.

La mayoría de eflorescencias se pueden clasificar como temporales. Frecuentemente surgen con las obras recién ejecutadas, conocido como el despertar del edificio, refleja su exposición a las condiciones ambientales junto con el exceso de contenido en agua de las construcciones recientes, generalmente inofensivas e indebidamente preocupantes.

Por otra parte una eflorescencia recurrente es señal de un problema de humedad crónico, por lo que se deberán poner medios para corregir dicho problema, eliminando de este modo también la eflorescencia. Las siguientes medidas tienen tal objetivo:

Buen drenaje

Limitando la entrada de agua y facilitando su salida, prestando especial atención a los detalles de diseño y manteniendo limpias las vías de evacuación de filtraciones, tanto durante el proceso de ejecución como durante la vida del edificio.

Buenas juntas

Todas las juntas deberán ser repasadas durante la ejecución con una herramienta en ángulo o curva, para compactar el mortero en la cara expuesta y crear un vínculo estrecho entre mortero y pieza. En condiciones expuestas no se recomiendan las juntas salientes, rehundidas o sin el uso de herramienta.

Es necesario asegurarse de que todas las juntas están correctamente rellenas, de modo que las juntas deterioradas o con defectos en el mortero deberán ser rejuntadas para mantener la humedad fuera del muro.

Curado adecuado

Hay que asegurar una adecuada hidratación de los materiales cementosos mediante la protección de la fábrica frente a las bajas temperaturas, el secado prematuro o un uso inadecuado de aditivos o malas dosificaciones.

Limitar la entrada de agua

Mediante la aplicación de pinturas u otros tratamientos adecuados en el exterior de los paramentos porosos, sellado alrededor puertas y ventanas, sellado o reparación de roturas y fisuras, así como disponer barreras anti capilaridad en la base del muro.

Mediante la colocación de barreras de vapor en la cara interior del cerramiento y el uso de diseños que minimicen las condensaciones en el interior de la fábrica.

En caso de instalar aspersores de riego o equipos similares habrá que tener en cuenta su ubicación para no mojar innecesariamente la fábrica.

Si resulta factible es recomendable dejar voladizos que protejan los paramentos de la lluvia directa.

Limitar las fuerzas conductoras

Una adecuada disposición de cavidades de ventilación proporcionará una eculización de presiones entre el exterior y la cámara de aire que forman los huecos del bloque.

Una buena coordinación entre diseño y ejecución será clave para conseguir fábricas a prueba de agua y eliminar los posibles problemas de eflorescencias. Para reducir las eflorescencias potenciales asociadas a la nueva construcción, se pueden tomar las siguientes medidas encaminadas a eliminar la humedad introducida en el muro durante la construcción y reducir el contenido de componentes solubles:

- Mantener las piezas almacenadas en la obra cubiertas y paletizadas en lugares suficientemente drenados.
- Cubrir la hilada superior al final de la jornada, especialmente en días lluviosos o con posibilidades de lluvia.
- Utilizar arenas previamente lavadas.
- Utilizar agua de amasado limpia, libre de concentraciones inadecuadas de ácidos, álcalis, material orgánico, minerales y sales. Nunca usar agua de mar o salobre.
- Utilizar materiales en el mortero con contenidos bajos en álcalis.
- Utilizar materiales aislantes libres de compuestos solubles cuando se vaya a aislar el cerramiento con la colocación de estos materiales en el interior de los huecos o entre las capas del cerramiento.
- Asegurarse de que la mezcladora, hormigonera, carretilla, caja de mortero y herramientas no presentan corrosión ni contaminación.

Hay que percatarse de que reducir el contenido de humedad en la fábrica no significa reducir el contenido de agua arbitrariamente, ni permitir el secado prematuro de la fábrica. Ambas medidas contribuirían a aumentar la permeabilidad de la fábrica y por tanto la posibilidad de que aparezcan eflorescencias.

13.7.3. ELIMINACIÓN DE EFLORESCENCIAS

Cuando se detecta una eflorescencia habrá que determinar en primer lugar el origen de la humedad que la alimenta, para tomar las medidas correctoras necesarias que eviten la presencia de humedad, antes de actuar directamente sobre la eliminación de la eflorescencia.

Dado que las eflorescencias a menudo surgen durante la ejecución de la obra, o con la obra recién terminada, el primer impulso suele ser el de lavar inmediatamente con agua o con soluciones preparadas para la limpieza. Sin embargo esto no es recomendable, especialmente en condiciones de bajas temperaturas, en las que el resultado de tal acción es el de introducir más agua en la construcción. Lo mejor sería darle tiempo, y a menudo la eflorescencia desaparece por sí sola, o

como mucho requerirá medidas intermedias de limpieza, tales como limpieza en seco con un suave cepillado o bien un enjuagado y cepillado con cepillo rígido.

La mayoría de eflorescencias pueden eliminarse con un cepillado en seco, un cepillado con enjuague de agua, un ligero chorreo de agua, o un ligero chorreo de arena seguido de un aclarado con agua limpia. En caso de que esto no surta efectos satisfactorios, puede ser necesario lavar la superficie con un producto específico para la limpieza de eflorescencias, o una disolución muy suave de ácido muriático (del 1% al 10%).

Antes de usar un limpiador o una solución de ácido muriático debe comprobarse la compatibilidad entre estos productos y las piezas de la fábrica, a poder ser con el propio fabricante. Cuando se ve envuelta la integridad del color de la fábrica o del mortero de juntas, se deberá utilizar una solución de ácido de hasta un 2%, o un limpiador recomendado específicamente para estos casos. Cuando deban emplearse estas soluciones, se mojará previamente el muro con agua limpia para prevenir la penetración profunda o excesiva de estos productos dentro de la fábrica, con un efecto perjudicial. Una vez terminada la limpieza también deberá realizarse un enjuagado suficientemente abundante con agua limpia para eliminar toda traza de ácido o limpiadores.

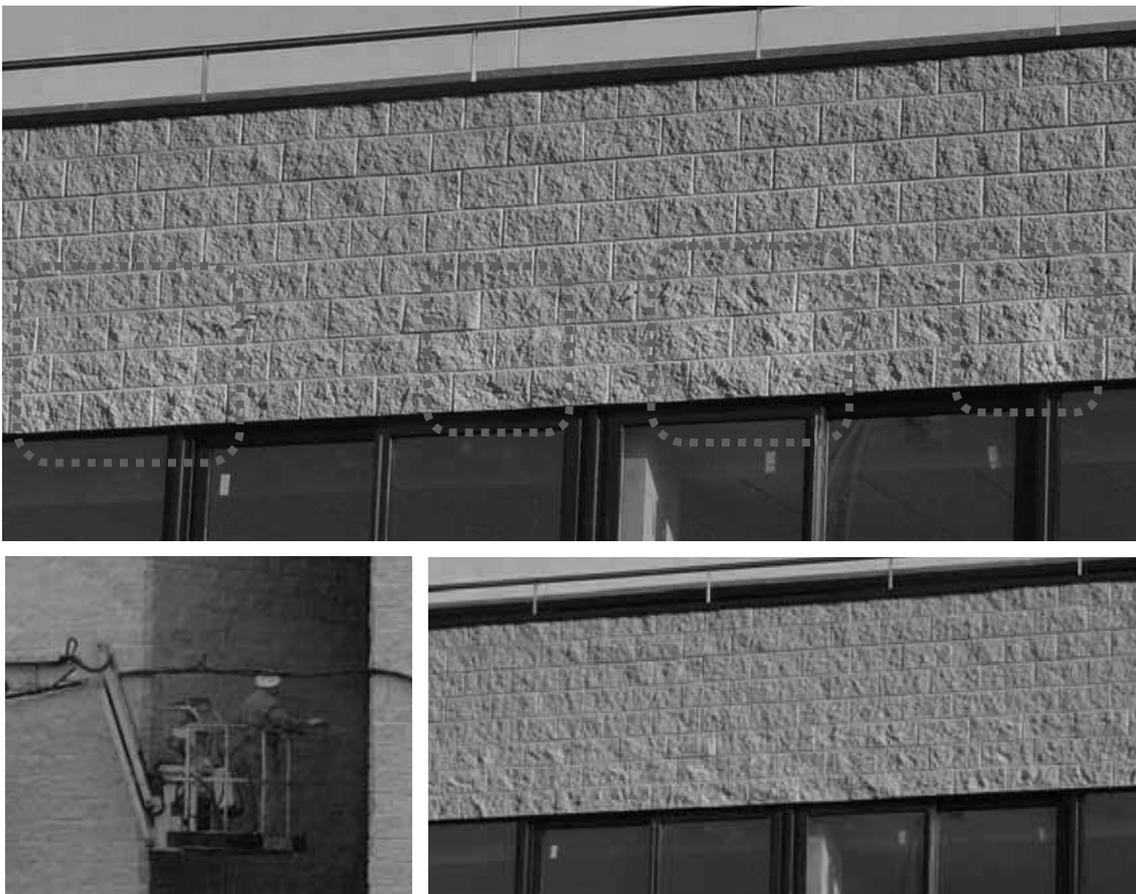


Ilustración 184. Eflorescencias en obra recién acabada. Antes y después de la limpieza.

Por otra parte también están presentes otras soluciones en cierto modo más complejas, como la aplicación de sucesivas papetas absorbentes con agua limpia o destilada, o mediante la limpieza del paramento con agua y cepillo actuando por partes de abajo hacia arriba (para evitar que las sales de las partes superiores acaben saturando más aún las partes inferiores) colocando láminas

impermeables que tapen las partes inferiores recién lavadas cuando se trabaje en las partes superiores (para impedir que estas partes inferiores ya limpias vuelvan a impregnarse de sales disueltas en el agua de lavado).

A menudo resultará útil determinar el tipo de compuestos solubles presentes en la eflorescencia, ya que podría ser posible encontrar un método de limpieza que no tenga efectos adversos para la fábrica.

Para todos los casos, antes de aplicar cualquier tratamiento de los expuestos, se deberá hacer una prueba previa sobre una pequeña parte para asegurarse de que no haya efectos adversos. Del mismo modo, tal como ya se ha expuesto, en los casos de eflorescencias recurrentes, se debe determinar la fuente de humedad y aplicar las medidas correctoras para eliminarla antes de actuar sobre la eflorescencia.

13.8. REJUNTADO

El rejuntado del mortero de juntas es el acto de retirar y remplazar parte del mortero defectuoso o deteriorado de las juntas por otro nuevo. Hay dos razones básicas para proceder a realizar un rejuntado: fisuración del mortero y/o deterioro del mortero. Con esto se podrá obtener un muro resistente a los efectos de la intemperie y se ayuda a preservar la integridad estructural y la apariencia de la fábrica.

Si el rejuntado se realiza para mejorar las prestaciones de la fábrica frente a los agentes externos, todas las juntas deberán ser rejuntadas, ya que una mínima fisura que puede pasar inadvertida ante una inspección visual, podría continuar permitiendo el paso de la humedad hacia el interior. Antes de iniciar cualquier trabajo de rejuntado en este sentido deberá realizarse una inspección de todos los puntos conflictivos anteriormente expuestos para asegurarse de que el agua o la humedad no esté penetrando por estas zonas.

Por otra parte resulta obvio que si la entrada de agua se está produciendo por un único punto claramente localizado, será suficiente realizar el rejuntado en dicho punto y su área próxima.

13.8.1. PREPARACIÓN DE LAS JUNTAS

El mortero de las juntas que serán rejuntadas deberá eliminarse hasta una profundidad de entre 10 a 15 mm, y en todos los casos esta profundidad debe ser equivalente a al menos el espesor de la junta. Si la profundidad de mortero eliminada es escasa o en forma de cuña el resultado del rejuntado será pobre.

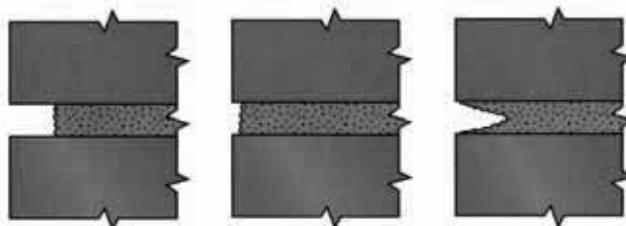


Ilustración 185. Junta debidamente preparada | Junta indebidamente preparada con profundidad escasa | Junta indebidamente preparada con forma de cuña.

El uso de una amoladora con un disco abrasivo será normalmente más eficiente que el cincelado a mano para la retirada del mortero viejo. Todo el material picado o recortado deberá ser retirado mediante aire a presión o chorreo con agua limpia.

Al contrario que en la fábrica de piezas cerámicas, las juntas no deben ser mojadas ni antes ni durante el rejuntado, para evitar la excesiva retracción del mortero.

13.8.2. COMPONENTES DEL MORTERO

De entre los factores que contribuyen para la obtención de un buen mortero de juntas, el primero es la calidad de sus componentes. En la actualidad existen variedad de morteros predosificados específicos para cada uso.

Si únicamente será/n una/s parte/s del muro la/s que será/n rejuntada/s, el color y la textura del nuevo mortero deberá coincidir en la medida de lo posible con el viejo, lo que requerirá una selección cuidadosa y proporcionada de los componentes del mortero. Los aditivos no son recomendables excepto que se especifique lo contrario.

13.8.3. PREPARACIÓN DEL MORTERO

El mortero de rejuntado debe tener una resistencia a compresión equivalente o inferior al original, o contener aproximadamente las mismas proporciones entre sus componentes. Para determinadas aplicaciones se deberán tener en cuenta además otros condicionantes, como la posible función estructural de la fábrica o las posibles condiciones ambientales adversas.

Como norma general el procedimiento recomendado para preparar un mortero de rejuntado es el siguiente:

1. Mezclar a fondo todos los ingredientes en seco.
2. Añadir a la mezcla la mitad del agua, suficiente para obtener una masa húmeda capaz de mantener su forma cuando se moldea una bola con la mano.
3. Mezclar durante 3 a 7 minutos, preferiblemente con mezcladora mecánica.
4. Para minimizar la retracción en la fábrica, permitir que el mortero repose durante aproximadamente 1 hora y no más de 1 hora y media, para permitir la prehidratación de los ingredientes cementosos.
5. Añadir el agua restante y mezclar nuevamente durante 3 a 5 minutos.

Un mortero de rejuntado deberá tener una consistencia más seca que el mortero convencional empleado para la ejecución de la fábrica. Durante el rejuntado, la evaporación y absorción puede requerir que se añada más agua y se vuelva a mezclar para recuperar la trabajabilidad. Esto puede repetirse cuando sea necesario, sin embargo se descartará un mortero con más de 2 horas y media desde la adición inicial de agua en la mezcla. Los colorantes suelen aligerar la mezcla al añadir el agua, por lo que este proceso debería evitarse.

13.8.4. RELLENADO DE JUNTAS

El método general para aplicar el rejuntado es mediante el uso de una llana y una pequeña paleta. La llana se empleará para mantener una pequeña cantidad de mortero disponible para ser aplicada con la paleta directamente en las juntas previamente abiertas, al mismo tiempo con la llana se recogen los pequeños goteos o desprendimientos de mortero recién aplicado. La pequeña paleta deberá ser ligeramente más pequeña que la junta a rellenar para obtener un grado de compactación óptimo.



Ilustración 186. Pequeña paleta para el rellenado de juntas.

El mortero será extendido por capas en el interior de las juntas, con una compresión firme de cada una de ellas para evitar que queden zonas huecas, que podrían recibir y almacenar agua (con los problemas que ello conlleva). El hecho de compactarlo ayuda a obtener una buena ligazón con el mortero viejo y con las piezas de la fábrica.

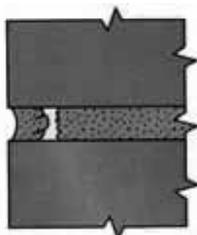


Ilustración 187. Formación de hueco en el rejuntado por falta de presión durante la ejecución.

13.8.5. HERRAMIENTAS PARA EL REJUNTADO

Existen herramientas específicas de repasado de juntas para el compactado del rejuntado, para conseguir una buena compacidad y durabilidad. Para fábricas expuestas a la intemperie, todas las juntas deberían estar repasadas con herramientas en forma cóncava redondeada o en V. Estas geometrías se recomiendan porque no permiten que el agua quede en reposo dentro o sobre las juntas, y son el resultado de presionar el mortero contra las piezas adyacentes, mejorando la adherencia.

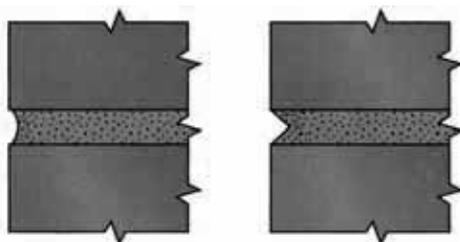


Ilustración 188. Junta cóncava redondeada | Junta en V.

Las herramientas de repasado pueden estar hechas a base de barras redondas o cuadradas, o también con chapas curvadas o plegadas.



Ilustración 189. Herramientas de repasado de juntas con extremos para diferentes espesores de junta.

13.8.6. TIPOS DE JUNTAS

Tal como se ha mencionado, los tipos de juntas recomendados son el redondeado a media caña o en V, si bien pueden ejecutarse los mismos tipos de juntas que en una fábrica de nueva ejecución.

Las juntas con efectos decorativos serán adecuadas para interiores mientras que para exteriores deberían reservarse para aquellos casos en los que permaneciesen resguardadas de la lluvia directa o para climas en los que no suelen darse las bajas temperaturas.

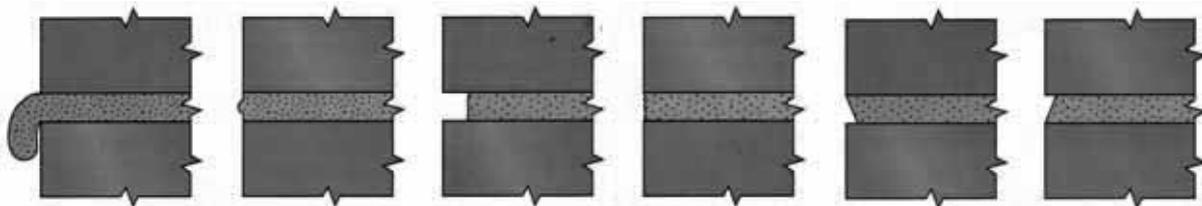


Ilustración 190. Tipos de juntas: rebosada, ajunquillada, rehundida, enrasada, matada superior y matada inferior.

13.8.7. CURADO DEL REJUNTADO

Los componentes cementosos del mortero requieren una temperatura favorable y un contenido en humedad determinado para obtener una resistencia adecuada. El agua de amasado será la encargada de proporcionar esta humedad, sin embargo el mortero fresco deberá protegerse del resecado prematuro causado por el sol y el viento. Con unas condiciones extremas de secado, como la incidencia directa del sol en días calurosos, el viento, y la baja humedad, puede resultar necesario cubrir la superficie de la fábrica.

13.9. LIMPIEZA DE LA FÁBRICA

Un muro de fábrica puede presentar manchas debidas a diferentes sustancias. Lo primero que habrá que hacer será determinar cuál es la causa de la mancha.

Las manchas con base acuosa o solubles en agua, tales como comida, bebidas, o tierras, pueden retirarse con métodos de limpieza mediante agua. Para el resto de manchas habituales suele ser suficiente con emplear agua, detergente común y cepillo rígido.

El método de limpieza a seguir dependerá del propósito y de la extensión del trabajo. El trabajo puede implicar el uso de cubo y cepillo, martillo y cincel, agua o vapor a presión, chorreo abrasivo, productos químicos o incluso herramientas mecánicas específicas.

Cuando hay que enfrentarse a una limpieza de una fábrica de bloque, en primer lugar hay que realizar un estudio preliminar para buscar posibles imprevistos. Un diagnóstico preciso del problema es esencial para conseguir una limpieza efectiva y satisfactoria. Sin embargo no resulta un paso sencillo debido a los siguientes factores:

- El agua y los limpiadores químicos pueden provocar otros problemas ocasionados por un exceso de agua o producto, incluso con posibilidad de reacciones químicas imprevistas.
- El chorreo abrasivo puede modificar la textura y apariencia superficial de la fábrica.
- Las herramientas mecánicas pueden eliminar más material del deseado, llegando a dejar partes con espesores demasiado finos.
- Con presencia de aceites, grasas y ciertos productos químicos penetrantes, habrá que actuar previamente sobre todos ellos antes de realizar cualquier lavado general.

Cuando resulte necesario acometer la limpieza de una fábrica habrá que elegir correctamente el método a emplear, escogiendo generalmente el que menos daños produzca. Los métodos que se exponen a continuación tienen otras ventajas además de la retirada de la suciedad: dejan la superficie preparada para ser reparada en caso de ser necesario, o la dejan lista para la aplicación de revestimientos e imprimaciones, o para la aplicación de conglomerados (como enfoscados).

En el caso de desarrollar trabajos de limpieza, se analizará el efecto que puedan tener los productos aplicados sobre los diversos materiales que constituyen el muro y sobre el sistema de protección de las armaduras en su caso.

Si lo que se desea es preparar la superficie de la fábrica para aplicar un revestimiento, el método será poco abrasivo; mientras que para realizar trabajos posteriores de reparación, enfoscados y la aplicación de determinados revestimientos, el método será ciertamente abrasivo, capaz de generar una superficie rugosa.

Antes de decidirse por un método en concreto, es recomendable realizar una prueba en un área de la fábrica poco visible para evaluar la eficiencia del método, así como la apariencia resultante y las condiciones de la superficie tras el tratamiento. Las razones que motivan la limpieza deben considerarse cuidadosamente, ya que los resultados obtenidos con métodos estudiados para mejorar únicamente la apariencia, pueden diferir sustancialmente de los resultados obtenidos con métodos estudiados para acondicionar la superficie para recibir tratamientos posteriores.

13.9.1. LIMPIEZA ABRASIVA

Limpieza abrasiva seca

La limpieza abrasiva en seco, basado principalmente en el chorreo con arena, consiste en el proyectado de un chorro de arena con aire a presión, aplicado directamente sobre la superficie de la

fábrica, con lo que se produce una erosión que elimina la suciedad, restos de pinturas, determinados revestimientos,... etc.

Con este método se altera la apariencia superficial de la fábrica, produciendo una textura más rugosa que la original que puede acumular mayores cantidades de polvo que la anterior, acortando pues los plazos de limpieza necesarios. El chorreo de arena elimina los bordes y aristas pronunciadas, reduciendo los detalles finos que pudiera tener; por otra parte se obtiene una superficie idónea para recibir tratamientos superficiales que requieran adherencia, como los enfoscados.

Aunque el proceso de chorreo no es complicado, es necesario tener en cuenta determinados procedimientos y precauciones para obtener una superficie uniforme. Debe emplearse una boquilla tipo venturi en lugar de una recta, ya que esta última puede dar lugar a zonas en las que se distinga claramente el trazado del chorro si la mano de obra no es muy especializada; al mismo tiempo es recomendable contar con un equipo dotado de control remoto para abrir y cerrar el flujo a distancia. Las mangueras deben ser provistas de elementos disipadores de cargas eléctricas estáticas para servicios en lugares peligrosos.

El operador debe equiparse con protecciones frente al polvo y los fragmentos desprendidos y rebotados, por un traje bien ajustado dotado de casco con suministro de aire limpio permanente con presión positiva. Los otros miembros del equipo de limpieza deberán llevar ropa y equipamiento, tal como una mascarilla adecuada. El polvo de sílice es particularmente peligroso, pudiendo causar silicosis en casos extremos.



Ilustración 191. Equipo personal para el chorreo con arena.

Una vez terminado el chorreo con arena se retirará el polvo y la arena mediante un chorro de aire limpio, cepillado suave, chorreo con agua o aspiración, antes de aplicar cualquier revestimiento.

El chorro abrasivo de arena seca debe ser empleado sólo cuando cualquiera de los demás métodos (normalmente menos agresivos) no sean efectivos. Otros chorreos más suaves, como los realizados a base de cáscaras de nuez o vainas de maíz son mucho menos abrasivos, y por tanto adecuados en determinados casos especiales.

Limpeza abrasiva húmeda

Este caso es similar al anterior, con la salvedad de que se introduce agua en la boquilla y por tanto en el chorro resultante. El agua elimina la mayor parte del polvo visible, aunque el polvo fino más dañino para la salud puede permanecer en suspensión, por lo que debe emplearse el mismo equipo personal que en chorreo seco.

El chorreo húmedo evita la molestia del polvo, aunque añade una operación extra como es el enjuagado de la superficie una vez terminado el chorreado para eliminar los restos.

En el chorreo húmedo el agua amortigua el impacto de las partículas proyectadas por lo que resulta menos abrasivo que chorreo seco, de modo que puede emplearse en más casos.

Abrasión metálica

Existen máquinas móviles para limpiar superficies lisas que eliminan la suciedad mediante el impacto de un abrasivo metálico que produce un efecto similar a un cepillado rotativo a alta velocidad. Los equipos incluyen componentes para el control del polvo y ruido generado, así como la recuperación, limpieza y reciclaje del material abrasivo metálico.



Ilustración 192. Equipos de abrasión metálica.

Tras el impacto del abrasivo en la superficie, este es conducido a un separador por aire que retira los materiales extraños, el abrasivo recuperado se reconduce de nuevo a la rueda en un circuito cerrado. Por otra parte los restos pulverizados de mortero, polvo, revestimientos,... etc. son enviados a una bolsa-filtro, haciendo del sistema un método virtualmente libre de polvo.

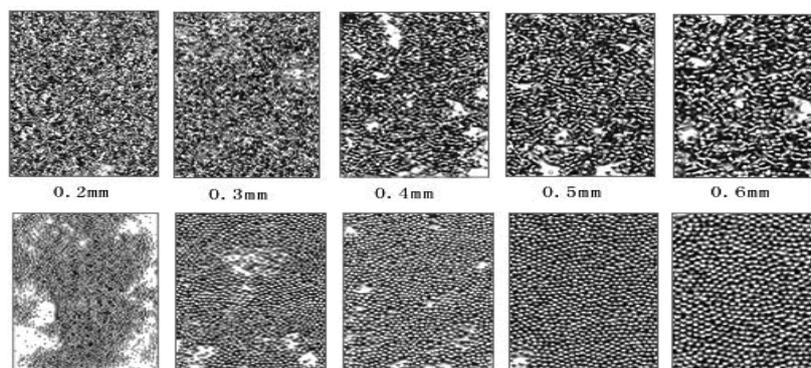


Ilustración 193. Diferentes calibres de abrasivo metálico según el grado de abrasión necesario.

13.9.2. LIMPIEZA QUÍMICA

Los productos químicos empleados en la limpieza pueden ser altamente corrosivos y normalmente tóxicos, requiriendo algunos de ellos un equipamiento de seguridad especial durante su uso, no sólo para los trabajadores sino también para las áreas circundantes con otros elementos como la posible vegetación próxima. Por este motivo la limpieza con agentes químicos peligrosos debe reservarse para personal cualificado. Sin embargo, si no fuese posible contar con el servicio profesional, habrá que seguir al pie de la letra y cuidadosamente las indicaciones del fabricante.

Los limpiadores químicos a menudo son mezclas formuladas con base acuosa, para emplear en determinados tipos de hormigones y fábricas. La mayoría de ellos contienen compuestos orgánicos que funcionan como detergentes, permitiendo al agua penetrar más rápidamente en la suciedad y las manchas de la superficie. Por otra parte los limpiadores químicos contienen unas pequeñas cantidades de ácidos o álcalis, lo que ayuda a separar la suciedad en la superficie. Los limpiadores también pueden estar basados en disolventes, siendo su empleo igual en ambos casos, similar al procedimiento indicado más adelante también para el uso de ácidos.

La limpieza con ácidos se propone a menudo como un método satisfactorio para la limpieza de hormigones y morteros. El ácido clorhídrico, también conocido como ácido muriático, es ampliamente utilizado gracias a su disponibilidad inmediata.

El procedimiento para realizar este tipo de limpiezas es el siguiente:

1. Mezclar una solución de un 10% de ácido en un contenedor no metálico, vertiendo el ácido sobre el agua y no al revés. Si el poder limpiador resulta insuficiente se puede probar con mayores concentraciones, aumentando las medidas de seguridad.
2. Cubrir o proteger ventanas, puertas, barandas, elementos metálicos, vidrios, maderas y superficies de piedra.
3. Retirar el polvo y la suciedad ligera de la superficie a limpiar, y empañar la superficie con agua de abajo hacia arriba.
4. Aplicar la solución ácida con algún tipo de equipo de pulverización, permitiendo que permanezca actuando en la superficie durante 5 a 10 minutos. No se deben emplear herramientas metálicas para retirar las partes persistentes.
5. Aclarar con agua abundante antes de que la superficie se seque. Las soluciones ácidas pierden su fuerza rápidamente cuando entran en contacto con el cemento portland de los hormigones y morteros, sin embargo, aunque debilitado, los restos pueden resultar dañinos. El defecto de aclarado antes del secado puede desembocar en la aparición de eflorescencias u otros problemas.

13.9.3. LIMPIEZA POR VAPOR

En la limpieza con vapor el agua es bombeada hacia un hervidor instantáneo, donde se convierte en vapor e inmediatamente lanzado por una boquilla. Normalmente es necesario el uso de cepillos rígidos para ayudar a retirar la suciedad. En la actualidad las mejoras en los métodos y productos de limpieza han suplantado a este sistema, a pesar de que el vapor puede ayudar en ocasiones a retirar

sin efectos secundarios algunas manchas que en el caso de emplear productos ácidos podrían dañar la fábrica.

13.9.4. LIMPIEZA POR AGUA

A baja presión

Con la limpieza con agua a baja presión, únicamente se pulveriza la cantidad suficiente de agua para reblandecer las diferentes manchas y acumulaciones de suciedad, mientras que mayores cantidades de agua resultarían inefectivas. El uso de grandes cantidades de agua podría sobresaturar el muro y penetrar en el interior, causando problemas adicionales.

La limpieza debe iniciarse por la parte superior, de modo que el agua que escurre va trabajando sobre las manchas situadas más abajo. El tiempo necesario para ablandar la suciedad se determinará a base de pruebas, pudiendo resultar desde unos minutos hasta días.

En algunas superficies la suciedad reblandecida puede retirarse con un chorro normal de agua limpia desde la parte superior, pero normalmente es necesario ayudarse de un cepillo de cerdas duras no ferrosas.

Este método resulta efectivo únicamente cuando la suciedad permanece suavemente unida a la superficie.

A alta presión

La limpieza con agua a alta presión confía su efectividad al poder limpiador del agua proyectada a presión sobre la superficie, con efectos menos abrasivos que los chorreos con arena. Se pueden alcanzar presiones de 380 MPa, o incluso superiores, aunque en la mayoría de los casos resulta suficiente con presiones de entre 35 y 70 MPa, o incluso inferiores. Aunque no resulte necesario, en algunos casos se introducen pequeñas cantidades de arena al chorro de agua para mejorar el poder de limpieza.

Antes de aplicar el chorro deben tratarse las manchas de aceite y grasa para evitar que se fluidifiquen durante el chorreo y este introduzca la mancha dentro de los poros más profundamente.

Existen gran variedad de equipos de este tipo, con boquillas especiales de diferentes geometrías, usando técnicas similares a las del chorreo con arena. La separación y el ángulo entre el chorro y la superficie y la presión se determinarán en función del tipo de mancha y la cantidad de suciedad.

Además de resultar útil como método de limpieza, el chorreo con agua a alta presión puede indicarse como preparación previa a reparaciones o a la aplicación de tratamientos superficiales como imprimaciones, pinturas o revestimientos varios.

13.9.5. ELIMINACIÓN DE GRAFITIS Y PINTADAS

Existe un gran número de productos comerciales especialmente diseñados para la limpieza de pinturas en spray y rotuladores sobre superficies de bloque y hormigón. Estos productos

generalmente también son efectivos para eliminar manchas de lápiz, ceras, tizas y pintalabios. En estos casos deben seguirse las instrucciones del fabricante, pero si no se obtienen resultados satisfactorios con la aplicación del primer producto puede intentarse con otros, ya que algunos están especialmente indicados para un tipo de mancha que otros eliminan de manera secundaria.

Si no se consiguiese un producto adecuado puede cepillarse empleando cloruro de metilo, provisto de vestimenta adecuada. Una vez aplicado y cepillado habrá que dejarlo actuar unos dos minutos y aclarar con agua mientras se sigue cepillando.

También puede probarse con ácido oxálico o peróxido de hidrógeno (conocido como agua oxigenada), así como lejía para eliminar ciertos pigmentos que pudiesen permanecer en los poros. Las soluciones de hidróxido de sodio (conocido como sosa cáustica), xileno o acetona también pueden resultar útiles para eliminar grafiti y pintadas.

A pesar de esto, y en función del tipo de pinturas empleadas, el sistema que probablemente elimine mejor la pintada o grafiti sea el chorreo con arena, aunque habrá que estudiar la importancia de la posible alteración de la textura superficial.



Ilustración 194. Limpieza de pintada con chorro a presión.

Tras la eliminación del grafiti es recomendable aplicar un sellante superficial o un tratamiento especial antigrafiti, que impedirá la penetración de próximas pintadas en los poros, facilitando su consiguiente limpieza preferiblemente sin eliminar el tratamiento superficial.

13.9.6. ELIMINACIÓN DE DEPÓSITOS DE POLUCIÓN

El polvo y los contaminantes pueden ser transportados por el aire y acabar depositándose en la superficie de la fábrica, formando una acumulación oscura oleosa. Para evitarlo, y según la localización y sus condiciones ambientales, se deberá lavar el edificio periódicamente antes de que los depósitos se conviertan en duras costras difíciles de eliminar.

Estas manchas pueden retirarse con un fregado mediante detergente y agua o una solución de una parte de ácido clorhídrico y 20 de agua limpia, aunque existen detergentes especialmente diseñados para este tipo de trabajos con un ataque químico mínimo para los materiales de la fábrica. También

puede emplearse una solución de una parte de ácido fosfórico y tres partes de agua limpia, que resulta menos agresivo.

Los métodos empleados para eliminar manchas de aceite pueden ser efectivos también para quitar manchas de polución especialmente grasientas. Tal como se expuso anteriormente la limpieza con vapor, con un chorreo suave de arena o de agua también pueden ser útiles.

Una vez se ha conseguido limpiar la superficie, es recomendable aplicar un sellante transpirable claro, o un hidrofugante de alta penetración, para reducir la formación de depósitos y facilitar las próximas limpiezas.

13.10. TRATAMIENTOS PROTECTORES SUPERFICIALES

Para fábricas recién ejecutadas o recién lavadas, existe la posibilidad de aplicar un tratamiento superficial incoloro, de tono suave, o bien con color, para prevenir la posible penetración de productos que la puedan manchar, o al menos que faciliten su limpieza, al tiempo que reducen la penetración del agua.

Estos productos deben ser perdurables bajo condiciones ambientales, permaneciendo adheridas o penetradas dentro de la superficie de la fábrica, y siempre y cuando no eliminen la transpirabilidad de un cerramiento.

Los tratamientos superficiales suelen estar compuestos de acrílicos, uretanos, sellantes epoxi,... etc. así como hidrofugantes penetrantes a base de silanos y siloxanos. Estos últimos tienen un alto grado de transpirabilidad o permeabilidad al vapor, lo que resulta importante en el caso de cerramientos.

Donde se requiere un tratamiento con color, los acrílicos y los estireno-butadienos suelen resultar adecuados.

14. ESTADO ACTUAL DE LAS SOLUCIONES Y PRODUCTOS COMERCIALES

Los bloques y ladrillos son probablemente el elemento prefabricado de hormigón con un mayor número de tipos, dimensiones, acabados superficiales (ranuras, puntas de diamante, acanaladuras, colores, etc.), dosificaciones, etc. – presentes actualmente en el mercado, por lo que resulta casi imposible resumir las ilimitadas posibilidades que ofrecen con la combinación de sus características funcionales como elemento clave del muro y su vertiente arquitectónica.

Actualmente existen variedad de productos comerciales de creación más o menos reciente, o incluso en proceso de desarrollo vinculados directamente con el bloque de hormigón. Estos productos consisten principalmente en nuevas soluciones constructivas incorporadas en el bloque o sistema diseñado, o bien consisten en nuevos acabados en la superficie vista del bloque.

Cabe destacar que las soluciones y productos aquí expuestos se describen respetando y ciñéndose a las indicaciones de los propietarios de las patentes o de los productores, por lo que en determinados casos habrá que observarlos con cierta reserva.

14.1. NUEVAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

14.1.1. BLOQUE CON AISLAMIENTO TÉRMICO

El bloque con aislamiento térmico incorporado, o bloque pre-aislado, consiste básicamente en incluir un material aislante térmico, generalmente poliestireno expandido, en el diseño de la pieza.

La primera solución en esta dirección consistió en la simple introducción de piezas de aislante en los huecos del bloque, lo que evidentemente mejora las condiciones higrotérmicas de un cerramiento realizado con fábrica de bloque, aunque no deja de ser una solución de dudosa efectividad puesto que los tabiquillos interiores del bloque forman una tupida red de puentes térmicos. Haciendo un cálculo aproximado se podría estimar que la superficie aislada es la misma que la no aislada, lo que visto por otra parte puede ser interesante para casos muy concretos en los que al menos esa superficie es mejor que ninguna. Sin embargo, a pesar de lo que pudiera parecer, se obtienen unos valores para la resistencia térmica en estos bloques que por término medio duplican a los de los bloques estándar, dependiendo principalmente del tipo de aislamiento y el ancho del bloque.

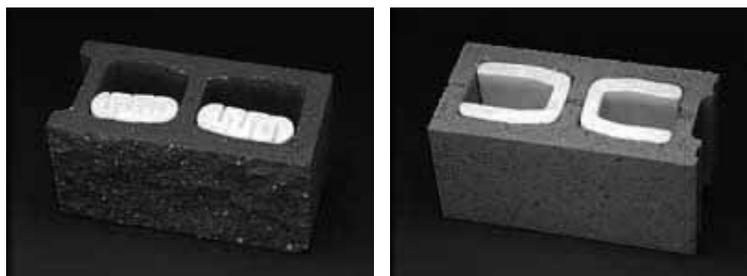


Ilustración 195. Muestras de bloque con aislante térmico introducido en los huecos (Concrete Block Insulating Systems).

Además de una mejora en las condiciones higrotérmicas del cerramiento se mejoran del mismo modo las condiciones acústicas, aumentando el aislamiento a ruido aéreo aunque sin afectar al ruido por impacto debido a los puentes fónicos que suponen las paredes interiores.

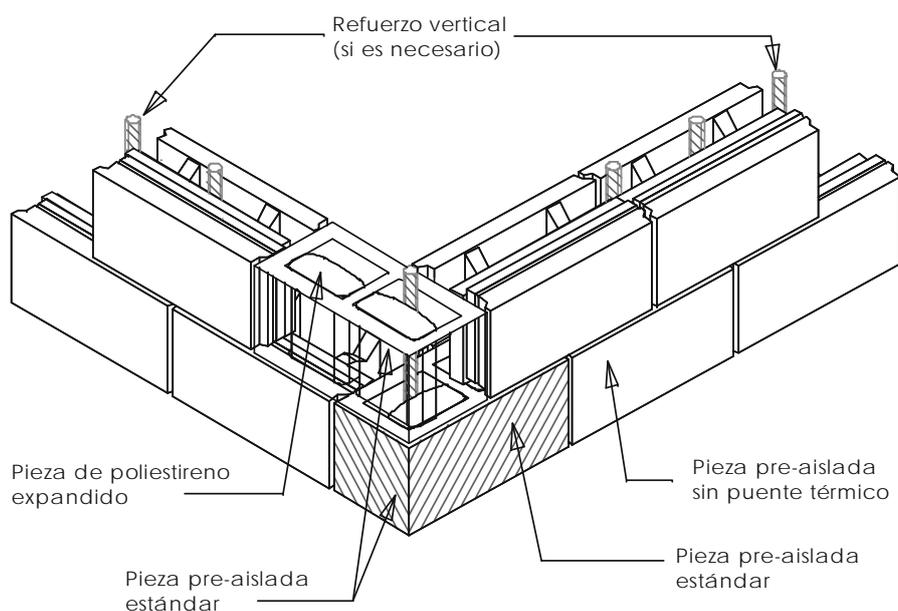
Posteriormente aparecieron otras piezas más evolucionadas, en las que desaparece el puente térmico dentro de la pieza. Esta mejora se logró mediante la colocación de una plancha de aislante entre la pieza principal del bloque y otra plaqueta de hormigón a modo de acabado, tipo sandwich. El sistema de unión entre las tres piezas puede ser mediante pegado o fijación mecánica gracias a su geometría.



Ilustración 196. Muestras de bloque con aislante térmico entre dos piezas de hormigón.

Al igual que en el caso anterior, además de una mejora en las condiciones higrotérmicas del cerramiento, se mejoran al mismo tiempo las condiciones acústicas, aunque en este caso aumentando el aislamiento tanto a ruido aéreo como a ruido por impacto, a pesar de seguir existiendo puentes en las juntas.

Estos tipos de bloque se colocan del mismo modo que el bloque estándar, siendo una de sus ventajas la rapidez de ejecución de la obra ya que se levanta el cerramiento completo de una sola vez (hoja interior, aislamiento y hoja exterior).



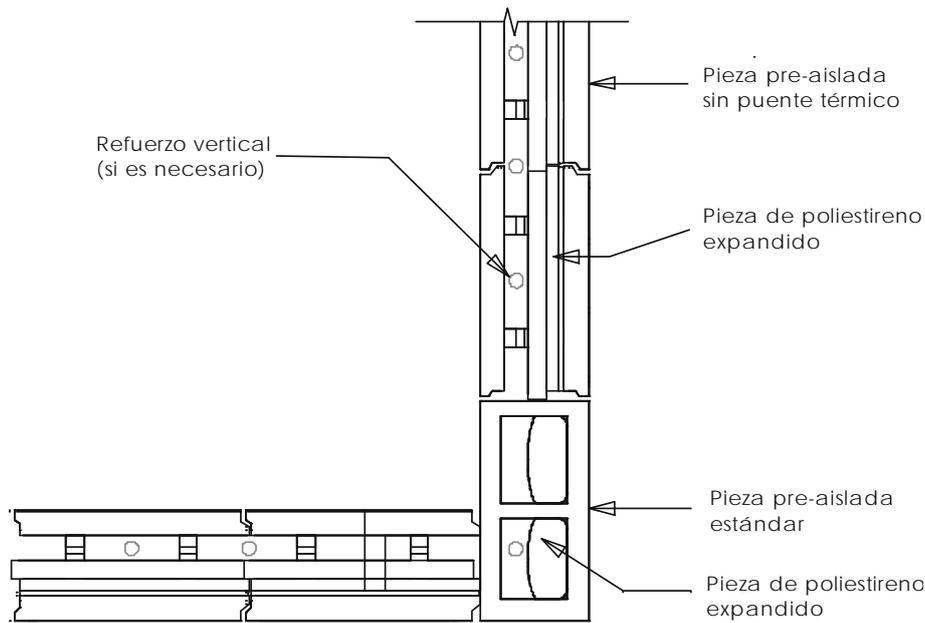


Ilustración 197. Detalle en esquina con piezas pre-aisladas.

Hay que tener en cuenta que en caso de fuego prolongado el poliestireno puede llegar a destruirse, con lo que podrían desaparecer las capacidades iniciales del producto, aunque en la actualidad se emplean poliestirenos con retardantes frente a la acción de la llamas.

14.1.2. BLOQUE DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

El bloque de hormigón es ampliamente empleado en la arquitectura de grandes espacios, tales como instalaciones deportivas, centros comerciales, platós de televisión, edificios industriales, talleres, salas de máquinas,... etc., en los cuales no se solía dar importancia a la acústica del local. Por este motivo surgió hace ya años una generación de bloques especiales diseñados para mejorar el acondicionamiento acústico de aquellos espacios caracterizados por la presencia de la fábrica de bloque visto.

Estos bloques especiales se distinguen por presentar una entrada para las ondas acústicas, conduciéndolas hacia los huecos interiores de las piezas, donde son rebotadas o absorbidas hasta que se disipan, de modo que se minimicen los molestos e incómodos ecos y reverberaciones. En general estas piezas pueden ser empleadas en fábricas estructurales, resultando bloques con unas características mecánicas muy similares a las de las piezas estándar equivalentes. Del mismo modo, los materiales empleados pueden ser los estándar de cada fabricante, con los mismos acabados superficiales que un bloque estándar (split, lavado, esmaltado, pulido,...).

Los diferentes modelos responden a diferentes patentes, todas ellas de The Proudfoot Company Inc., con sus correspondientes nombres comerciales, tales como "Soundblox", "Soundcell", o "Acoustade".

Los más básicos simplemente introducen un corte que comunica los huecos interiores del bloque con el exterior, a modo de resonadores, para que el sonido entre y sea absorbido en el interior. Si el corte es cónico, en forma de embudo, el funcionamiento del sistema mejora.

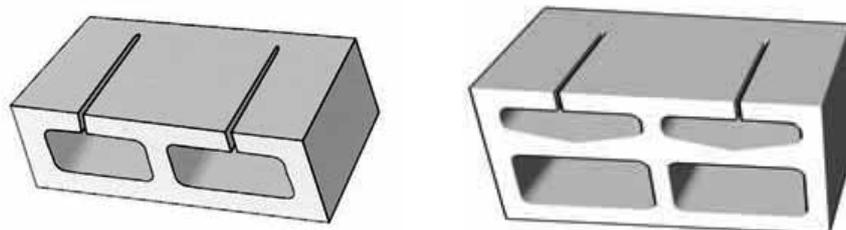


Ilustración 198. Muestra de bloque de hormigón para acondicionamiento acústico Soundblox tipo A1 y A1RF (para refuerzo vertical), consistente en un bloque estándar con canales de entrada en cada hueco.

Para poder satisfacer las diferentes exigencias y ampliar el abanico de posibilidades, las piezas pueden ser más evolucionadas, introduciendo materiales absorbentes como lanas minerales o chapas metálicas, aumentando notablemente la capacidad absorbente del sistema.

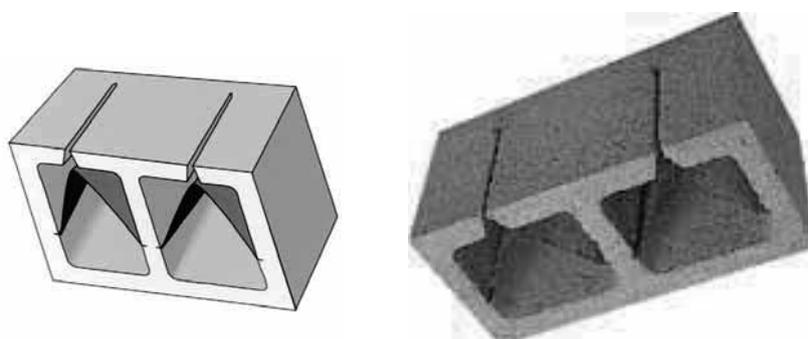


Ilustración 199. Muestra de bloque de hormigón para acondicionamiento acústico Soundblox tipo Q, consistente en un bloque estándar con canales de entrada cónicos en cada hueco y chapa plegada de acero en el interior. La chapa mejora la absorción y permite el refuerzo vertical de la fábrica.

Estos materiales deben ser inalterables por la acción del fuego ya que podrían prenderse a través de las aberturas, y en caso de colocarse en paramentos exteriores el absorbente acústico deberá ser resistente al agua. Según el tipo de pieza, podemos encontrarnos con elementos de fibra de vidrio, lana de roca, espuma de polietileno, fieltro, chapa de metálica o tablero de virutas de madera, estos últimos cumpliendo la función además de separadores en el caso de macizarse los huecos de la fábrica.

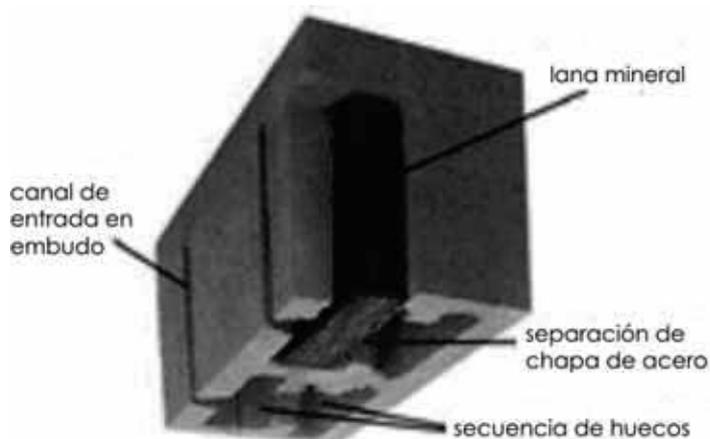


Ilustración 200. Muestra de bloque de hormigón para acondicionamiento acústico, consistente en un bloque estándar con canales de entrada cónicos hacia sus huecos especiales, donde se encuentran un panel de lana mineral y un separador de chapa de acero (para posibilitar el refuerzo vertical de la fábrica).

Se comprueba la posibilidad de adaptación del sistema para casos y usos concretos mediante el diseño de las aberturas, geometría de la superficie y el uso de los materiales empleados en el interior de los huecos.

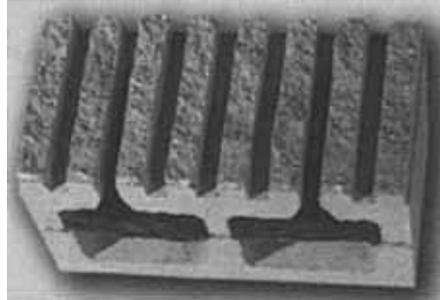
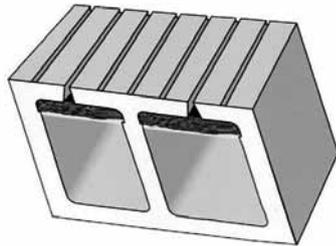


Ilustración 201. Muestra de bloque de hormigón para acondicionamiento acústico Soundblox tipo RSR, especial para barreras acústicas de tráfico rodado, consistente en un bloque estándar con canales de entrada cónicos en cada hueco, absorbente interior incombustible y acanaladuras exteriores que mejoran la difusión del sonido.

Otras piezas algo más complejas ofrecen planos exteriores no ortogonales que mejoran las condiciones acústicas. Al mismo tiempo, según el diseño de las piezas, pueden incluir en el interior de los huecos los mismos materiales que las piezas anteriores. Este sistema presenta dos bloques diferentes, Soundcell y Acoustade, variando la geometría de su cara exterior, por lo que el uso de este tipo de piezas requerirá un estudio previo de las necesidades del local o edificio que se proyecta, de modo que se adapten las características del bloque acústico a los requisitos del proyecto, mediante la modificación de los elementos interiores del bloque.

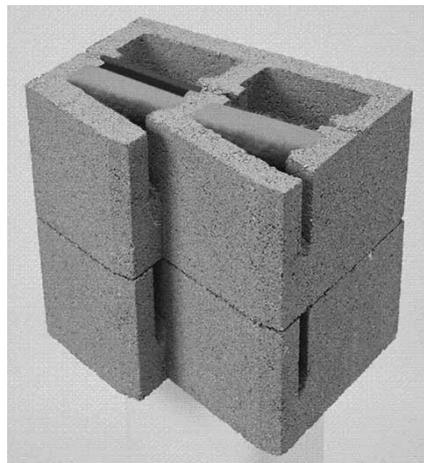
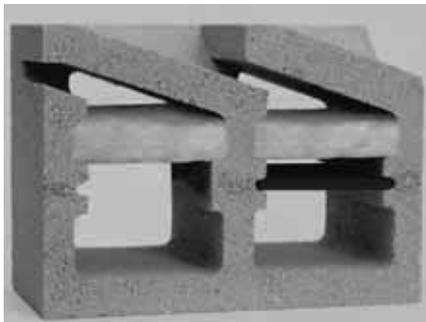


Ilustración 202. Muestras de bloque de hormigón para acondicionamiento acústico Soundcell (izquierda) y Acoustade (derecha).

Las aplicaciones de todos estos tipos de bloques son las mismas que las del bloque estándar, aunque se debe tener en cuenta que si se desea emplear en exteriores se deben escoger modelos sin inclusión de absorbentes, ya que el agua y la humedad podrían llegar a deteriorarlos, o en todo caso con un tratamiento superficial adecuado. Gracias a la aparición de estos productos, el bloque de hormigón se está empleando exitosamente en auditorios, salas de conferencias, aulas, iglesias o salas de instalaciones, donde las condiciones acústicas son de gran importancia.

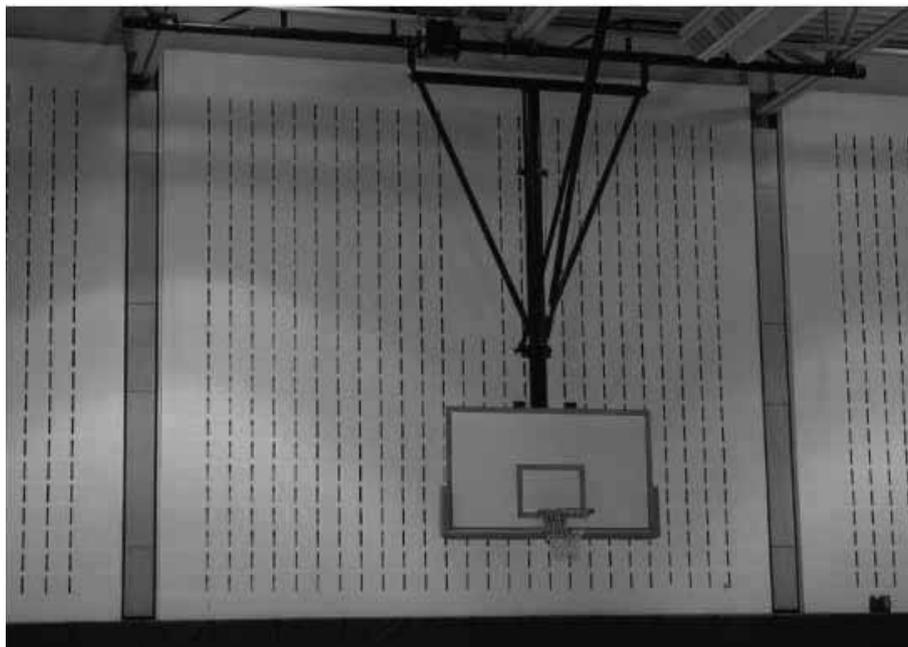


Ilustración 203. Interior de un polideportivo con bloque de acondicionamiento acústico Soundblox.



Ilustración 204. Interior de una sala de música con bloque de acondicionamiento acústico Soundcell.

La puesta en obra de estos bloques no requiere mano de obra especializada, aunque sí cierto cuidado en aquellos modelos con inclusión de materiales absorbentes delicados en su interior.

12.1.3. BLOQUE PARA MACIZADO

El “Azar Dry/Stack Block” (“Azar Block en seco/pegado”) es un sistema sin mortero que usa el entrelace mecánico entre las piezas para proporcionar estabilidad durante el proceso de ejecución del muro. Una vez levantado el paramento se rellenan los huecos con hormigón, con lo que se obtiene una fábrica fuertemente armada.

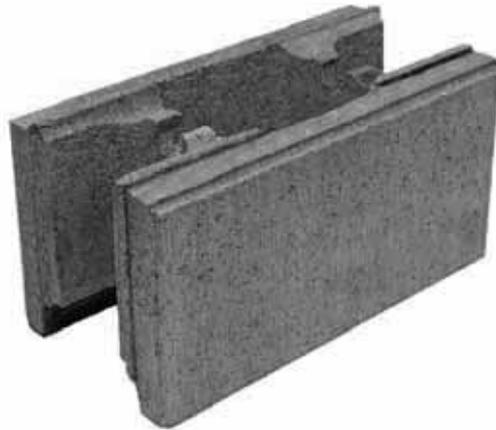


Ilustración 205. Muestra de bloque para macizado Azar block (pieza estándar).

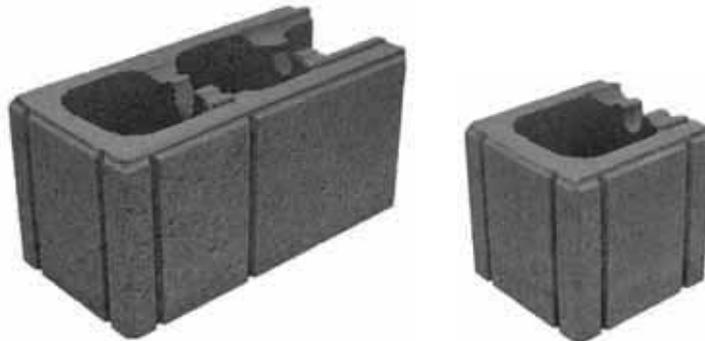


Ilustración 206. Muestras de bloque para macizado Azar block (pieza de remate y esquina, y medio bloque).

El entrelace se produce mediante dos mecanismos:

- Las piezas incluyen un saliente en su parte superior que se encaja en un rehundido de la cara inferior del bloque de la hilada siguiente. Este saliente se produce a lo largo de la cara interior de las paredes exteriores del bloque, que al mismo son de un espesor mayor al normal. Estas anchas paredes y el completo relleno del muro confieren al paramento una mayor resistencia.

Los resaltes interiores de las paredes del bloque aseguran la alineación vertical de las piezas y proporcionan al mismo tiempo una barrera frente a la penetración del agua exterior.

- Los resaltes y entrantes que las piezas muestran en sus cabezas hacen que los bloques se entrelacen con el adyacente a lo largo de la hilada.

Al igual que los anteriores, estos resaltes y entrantes facilitan la alineación entre piezas y proporcionan al mismo tiempo una barrera frente a la penetración del agua exterior.

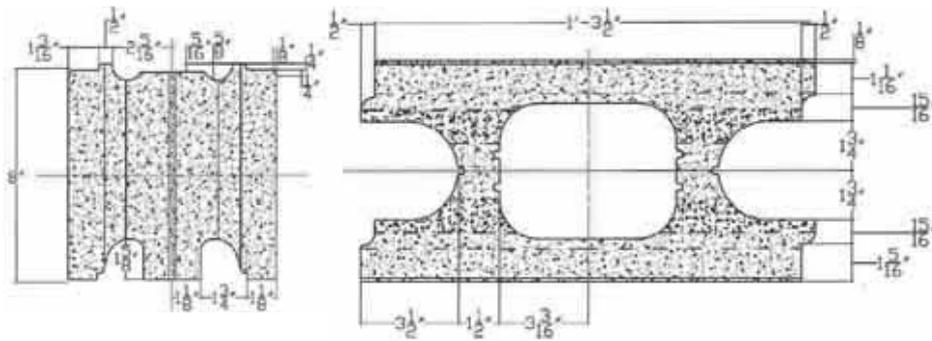


Ilustración 207. Detalle de la pieza Azar block. Alzado lateral [izquierda] y planta [derecha].

Los huecos interiores de los bloques quedan alineados una vez levantada la fábrica y el diseño de las piezas facilita la inclusión de armaduras verticales y el correcto relleno de las piezas. Los recortes diseñados en las partes superior e inferior de los tabiquillos interiores proporcionan espacio suficiente para la colocación del armado horizontal y su posterior relleno con hormigón, que deberá ser picado durante el vertido.

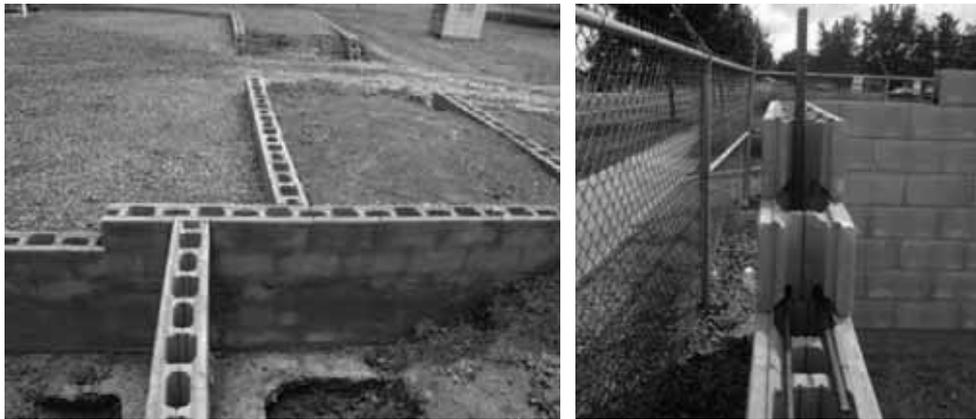


Ilustración 208. Puesta en obra del bloque para macizado Azar block.

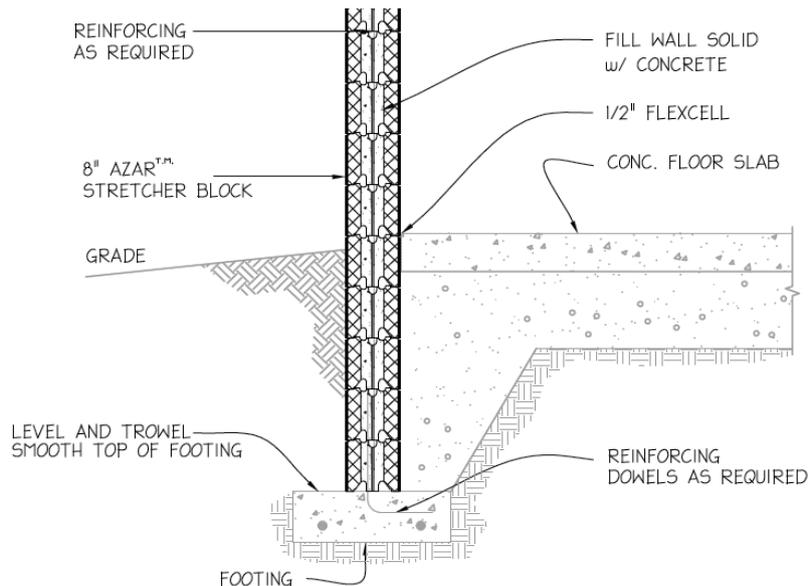


Ilustración 209. Sección tipo de muro de bloque macizado Azar block.

Con el uso del Azar block pueden considerarse 4 tipos de muros:

- Hormigonados. Para muros de poca altura, donde la resistencia se proporciona mediante el relleno con hormigón. Aunque no se trate de muros armados, la buena práctica recomienda el armado puntual habitual en encuentros, huecos,... etc.
- Parcialmente hormigonado (con o sin armadura puntual). En casos donde las cargas son relativamente elevadas, los refuerzos con armadura y hormigonado en determinados huecos, formando nervios, le permite resistir las cargas, aunque de este modo no se está garantizando la estanqueidad del paramento frente a la penetración de agua a no ser que se disponga alguna otra solución complementaria.
- Hormigonado y armado. Para aquellos muros en los que se requiere una capacidad elevada frente a cargas verticales u horizontales, se rellena todo el muro con hormigón y se dispone armadura vertical y horizontal.
- Junta pegada. En muros sin función estructural o pequeños muros de jardín, las piezas pueden reforzarse y estabilizarse mediante adhesivos químicos a lo largo de las juntas.



Ilustración 210. Junta pegada mediante adhesivo.

Sobre este sistema cabe destacar que está totalmente estudiado y aparentemente bien desarrollado, con multitud de detalles e incluso método de cálculo específico; si bien su utilidad y la indicación de su uso puede llegar a ser dudosa frente a otras posibles soluciones capaces de resolver la misma problemática. Considerando su empleo únicamente donde puede resultar interesante en comparación con la fábrica tradicional, es decir en muros enterrados o de sótano, este producto podría ser aconsejable sólo si se tiene en cuenta y se valora especialmente la ventaja de su ejecución por un usuario doméstico y al mismo tiempo se obvian los inconvenientes, ya que de lo contrario indudablemente el habitual muro de hormigón armado es normalmente una solución mejor.

14.1.4. SISTEMA DE ALBAÑILERÍA INTEGRAL – ALLWALL BLOC+

Los muros de fábrica armada acostillados, es decir, con armaduras prefabricadas en los tendeles y con costillas verticales a distancias horizontales regulares, son idóneos para soportar las acciones horizontales del viento en los cerramientos y particiones, debiendo transmitir dichos esfuerzos a la estructura perimetral, para lo que se complementan con las fijaciones apropiadas.

La regularidad en la separación vertical de las armaduras de tendel y/o de la separación horizontal de las costillas, así como si éstas últimas tienen que ir reforzadas, junto con el tipo de anclajes a disponer a los soportes estructurales, dependerá del cálculo.



Ilustración 211. Ejecución de un muro acostillado. Colocación de un bloque estándar con una cabeza abierta.

La apertura del hueco necesario para alojar las costillas durante la ejecución de la fábrica, se realiza habitualmente mediante corte con herramienta eléctrica, aunque este sistema trata de facilitar su ejecución.

Se diseña una pieza que trata de facilitar la ejecución de este tipo de fábricas, consistente en un bloque que tiene al menos en la cara de sus cabezas una serie de debilitamientos de rotura controlada, para facilitar su apertura por el colocador, sin que ello afecte en principio ni a las características geométricas de la pieza ni al aparejo visto empleado en la fábrica, que circunstancialmente puede armarse en vertical mediante costillas por acceso lateral, abriendo el colocador el hueco de acceso lateral en obra.

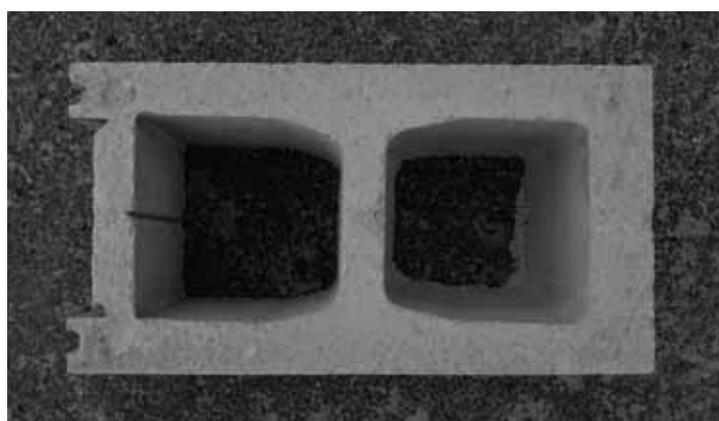


Ilustración 212. Pieza del sistema de albañilería integral Bloc+.

Sin embargo y pese al correcto desarrollo de la pieza, este diseño puede dar problemas durante su puesta en obra, ya que la rotura programada efectivamente se produce, aunque al mismo tiempo el giro y desplazamiento de los fragmentos desechables genera un esfuerzo en su movimiento natural que provoca la rotura de la pieza entera.

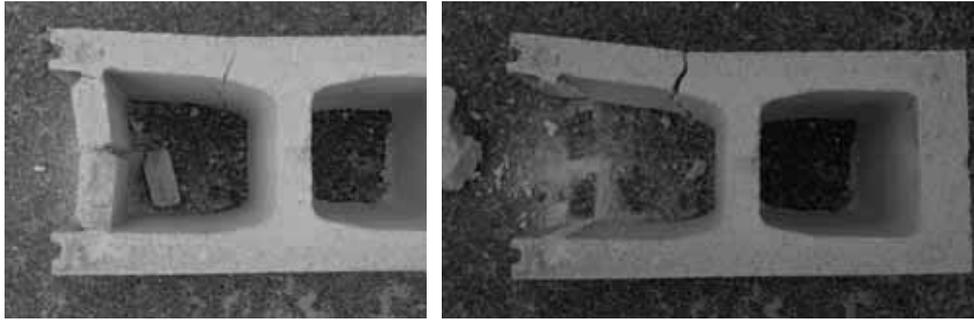


Ilustración 213. Rotura inesperada frecuente por defecto en el diseño de la pieza.

Tal como se ha mencionado, la ejecución de la fábrica armada con costillas o redondos verticales puede solventarse en obra mediante la apertura del hueco del bloque con sierra eléctrica radial, sin el menor problema. Con esta pieza se estaría ganando rapidez en la apertura del hueco del bloque y se evitaría el polvo producido por la herramienta eléctrica de corte, aunque por otra parte se tendría que tener en cuenta el escombro generado por roturas inadecuadas de la pieza, tal como se ha mostrado en la Ilustración 213.

14.1.5. BLOQUES ENLAZABLES

El sistema Ductilblock de bloques enlazables en cola de milano consiste en una amplia colección de piezas con este tipo de ensamble, mediante machihembrado de las juntas, de tal modo que no sea necesario emplear mortero de juntas.

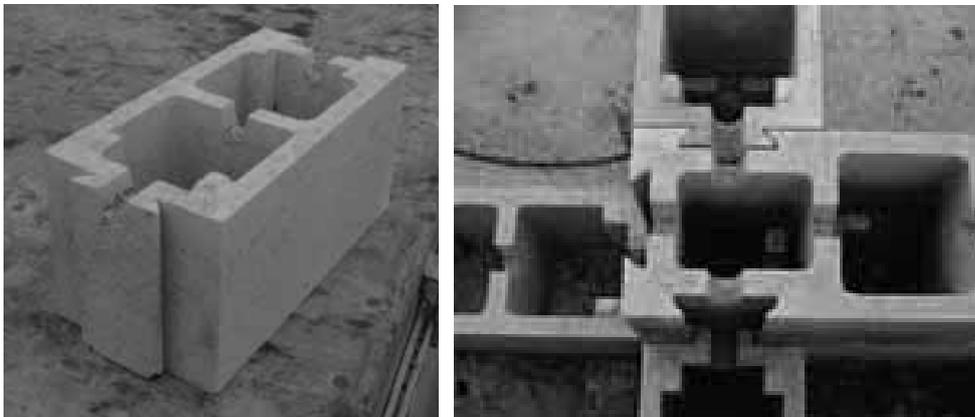
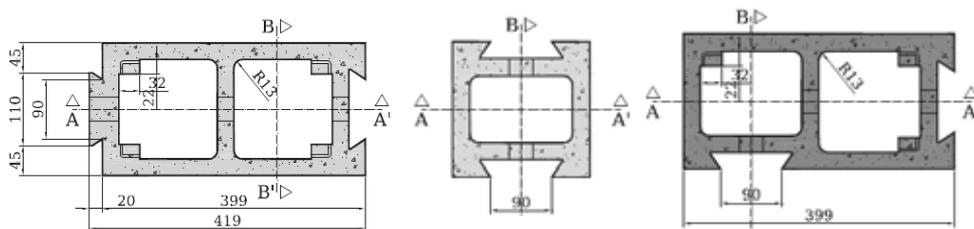


Ilustración 214. Muestra de bloque enlazable Ductilblock y cruce de muros.

Este sistema pretende simplificar la ejecución de la fábrica y está enfocado al usuario particular que pretende acometer la construcción de una pequeña edificación por sí mismo, aunque aparentemente parece que más bien es un sistema complejo y con multitud de piezas singulares. Estas piezas se producen únicamente en ancho de 20 cm.



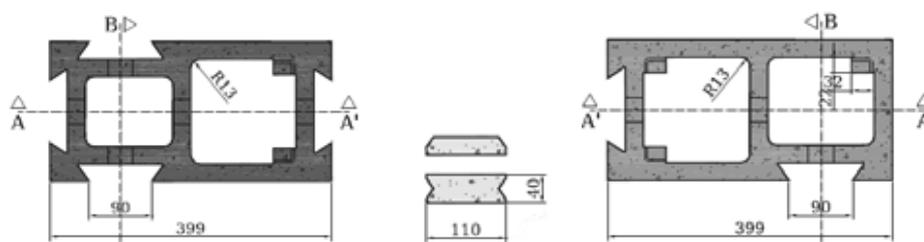


Ilustración 215. Colección de piezas del sistema Ductilblock.

Al mismo tiempo la colección de piezas presenta unos pequeños rebajes en la parte superior de los tabiquillos, ofreciendo así alojamiento a un posible refuerzo horizontal en el centro del muro; si bien este tipo de refuerzos son recomendables únicamente cuando la fábrica vaya a ser macizada, ya que de lo contrario el redondo de acero horizontal introducido no trabajará correctamente, y al quedar en contacto con el aire en los huecos del bloque acabaría más expuesta de lo debido (con los problemas que ello conlleva).

14.1.6. BLOQUES POSTESADOS

Sin duda este sistema, conocido comercialmente con el nombre de Bolt-A-block, introduce una novedad sustancial, puesto que se trata de una fábrica a hueso en la que las piezas se mantienen vinculadas mediante un entramado interno de pletinas horizontales y barras roscadas verticales, apretadas de tal modo que se obtiene un postesado del conjunto.



Ilustración 216. Vista del interior de un muro de fábrica de bloque postesada tipo Bolt-A-block, se aprecian las pletinas horizontales y las barras verticales.

El sistema se compone unas piezas de fábrica de bloque básicas a las que se les ha practicado un leve rebaje en los tabiquillos, para poder alojar la pletina horizontal de acero. Al mismo tiempo se presentan dos piezas especiales, una maciza de media altura con dos perforaciones (para pasar las barras roscadas), y otra similar a la pieza básica aunque con un suplemento en uno de sus lados con el objeto de producir un saliente en la fábrica, a modo de ménsula, para facilitar el apoyo de diferentes elementos (como pueden ser vigas de madera, viguetas, otra fábrica de menor espesor, etc.).

Además de las piezas prefabricadas de hormigón, este sistema incluye los elementos de postesado, conseguido mediante pletinas de acero de diferentes longitudes, todas ellas con agujeros (roscados o lisos) equidistantes, y unas barras roscadas en un extremo con cabeza hexagonal en el otro extremo, presentadas estas últimas en dos posibles longitudes (para el arranque en la base las más largas y para el resto de la fábrica las más cortas).

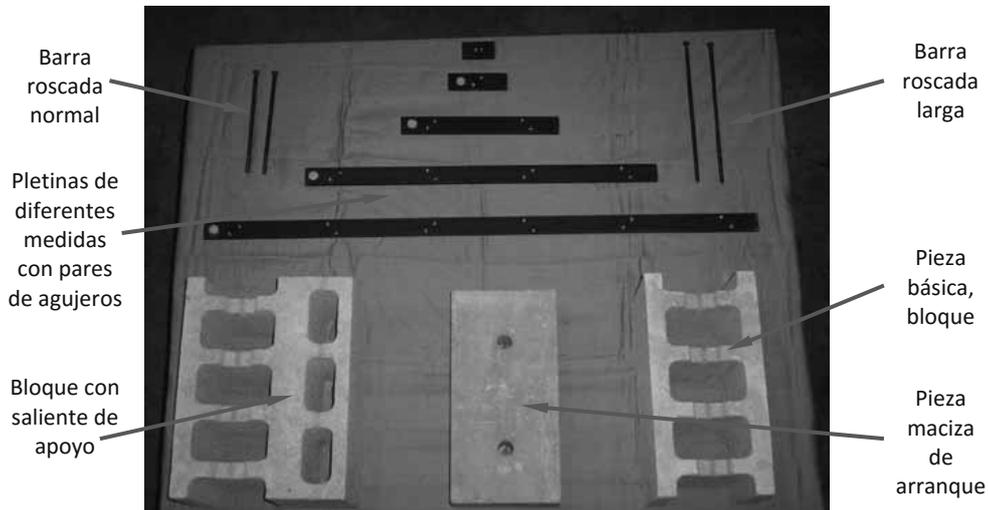


Ilustración 217. Componentes del sistema de fábrica de bloque postesada tipo Bolt-A-block.

El proceso constructivo (descrito gráficamente en la Ilustración 218) empieza lógicamente por el arranque en la base, donde se disponen las piezas especiales macizas sobre el firme existente. En la cara inferior de estas piezas macizas se colocan las pletinas más pequeñas, con un único agujero roscado. Sobre esta hilada base se dispone la primera hilada de bloque, sobre la que a su vez se colocan las pletinas, de diferentes longitudes según las necesidades. Las pletinas recién colocadas en el rebaje superior del bloque se fijan a la pletina inferior mediante las barras roscadas, que cuentan con una cabeza hexagonal en su extremo superior. Estas pletinas presentan una serie de agujeros, equidistantes y coincidentes con los huecos del bloque; estos agujeros se presentan en pares, siendo uno de ellos el destinado a introducir la barra roscada desde arriba y el otro el roscado destinado a apretar la hilada desde abajo.

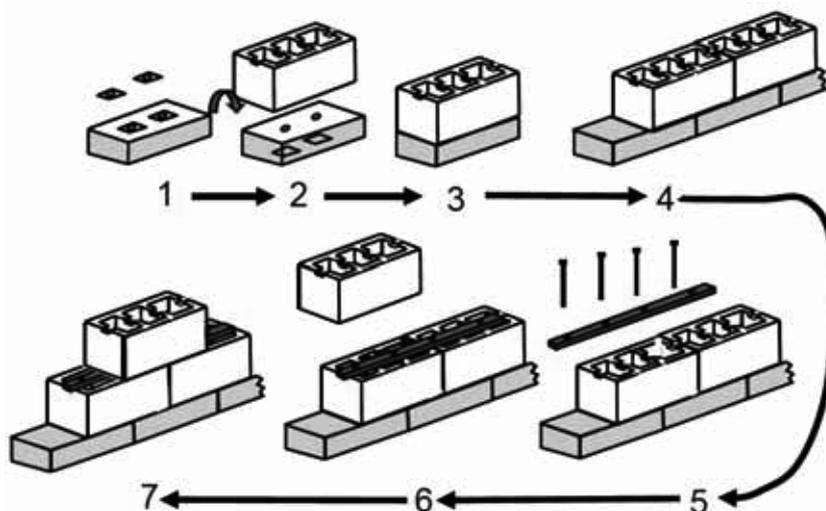


Ilustración 218. Esquema del proceso de ejecución de la fábrica de bloque postesada tipo Bolt-A-block.

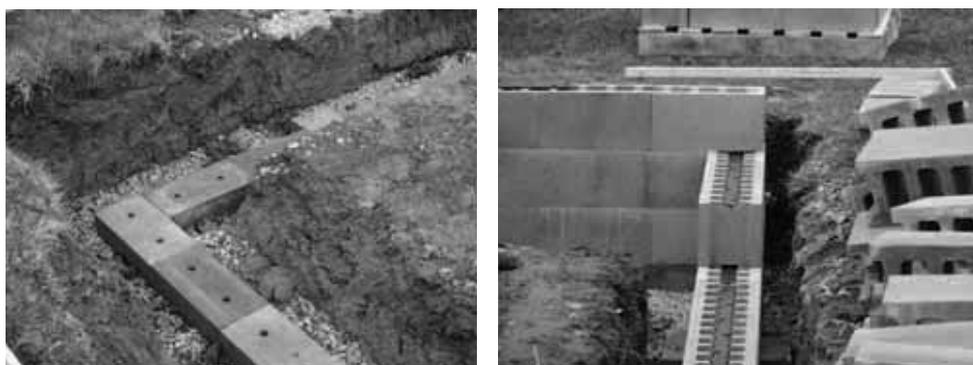


Ilustración 219. Levantamiento de un muro con el sistema Bolt-A-block. Arranque con piezas macizas sobre un encachado de grava compactada [izquierda]. Hiladas con pletinas interpuestas para el atornillado de las barras roscadas [derecha].

Aparentemente este sistema no aporta ventajas destacables sobre la fábrica de bloque normal armada, si bien es posible que resulte interesante en casos excepcionales, como en climas extremos en los que el uso de mortero no resulte posible, casos en los que no haya posibilidad de suministro de agua durante la ejecución de la obra, o casos en los que se requiera el posterior desmontaje de la construcción. Por todo ello se considera que esta nueva solución podría ser atractiva en circunstancias de emergencia tras alguna catástrofe.

Por otra parte, la presencia de acero en contacto con el aire en el interior de la fábrica, hace pensar en posibles problemas por oxidación y corrosión, aunque todas las piezas cuentan con tratamiento de protección según el fabricante.

14.1.7. BLOQUE VENTILADO DE FACHADA

Los sistemas de fachada ventilada muestran gran cantidad de ventajas sobradamente demostradas, por este motivo ha surgido este bloque de hormigón especial que incluye la creación de una cámara ventilada en la propia pieza. Con esta pieza se obtiene una hoja ventilada de fachada y no una fachada ventilada al uso, ya que carece del aislamiento térmico necesario.

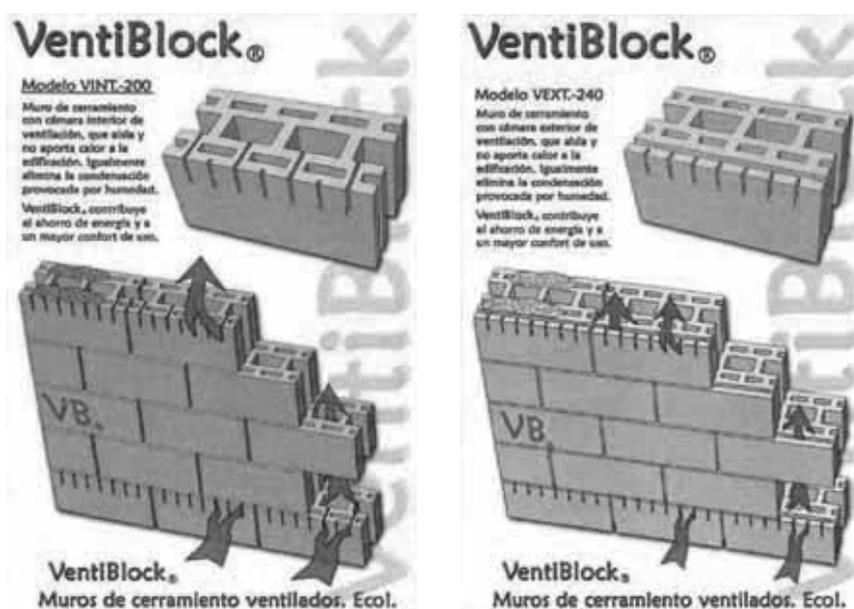


Ilustración 220. Muestras de bloque para fachada ventilada.

Con este sistema de cerramiento se obtiene una cámara ventilada y una hoja de fachada resistente, aunque debido a la falta de aislamiento en la propia cámara el sistema por sí solo se antoja recomendado únicamente en aquellos casos en los que se requiera un interior protegido de las altas temperaturas derivadas de la acción del sol.

Para edificios normales, en los que se debe asegurar cierto confort térmico, será necesario incluir en el cerramiento un elemento aislante térmico, y con este bloque la única opción es trasdosarlo junto con otra hoja al interior. De este modo lo que se obtiene es efectivamente un cerramiento con ventilación incorporada, aunque probablemente la ejecución de una fachada ventilada común estuviese más justificada, si bien es cierto que la ejecución de este sistema no requiere los anclajes y ajustes de la anterior.

14.2. NUEVOS ACABADOS

Además de los conocidos relieves geométricos en la superficie del bloque, como la punta de lanza (o de diamante) o lo acanalados y estriados, obtenidos directamente desde el molde de fabricación, existen en la actualidad diversos procesos que proporcionan multitud de acabados superficiales diferentes.

14.2.1. BLOQUE COLOREADO

Sin lugar a dudas la primera modificación realizada sobre el bloque original, fue el coloreado del mismo mediante el mero empleo de colorante/s como aditivo/s del hormigón.



Ilustración 221. Comparativa entre bloque de color natural y bloque coloreado.

Al principio simplemente se empleaba un único colorante, con lo que se obtienen bloques de color liso y uniforme en toda su masa. Sin embargo, más recientemente y básicamente en conjunción con el acabado split (descrito en el siguiente apartado), se fabrican bloques con mezcla de dos y tres colores.



Ilustración 222. Ejemplos de bloques con dos colores.

El proceso de fabricación con más de un colorante surgió muy posteriormente, ya que es necesario implementar un equipo que suministre el segundo (y tercer) colorante de modo que no se mezcle durante el amasado, ya que de lo contrario se obtendría un hormigón de color uniforme resultado de su combinación.

14.2.2. BLOQUE SPLIT

Al igual que otros muchos, este bloque toma su nombre del inglés, en el que “split” significa partir o rotura. Si analizamos su proceso de fabricación en seguida nos resulta evidente su relación con el nombre que recibe. El acabado superficial split resultante es rugoso, en cierto modo, similar al de la piedra natural.

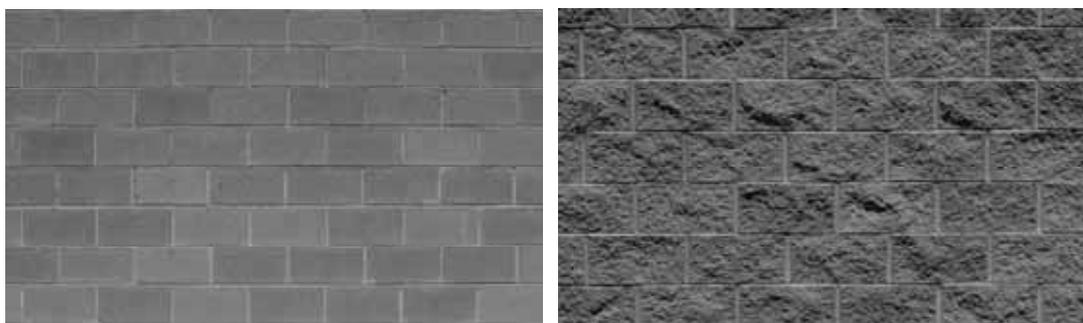


Ilustración 223. Comparativa entre paredes con acabado liso [izquierda] y acabado rugoso tipo split [derecha].

La fabricación de este tipo de bloque es exactamente igual a la del bloque liso normal, con la salvedad de que en el molde se elimina la separación entre dos bloques, con lo que se obtiene un “bloque doble” (dos bloques unidos).

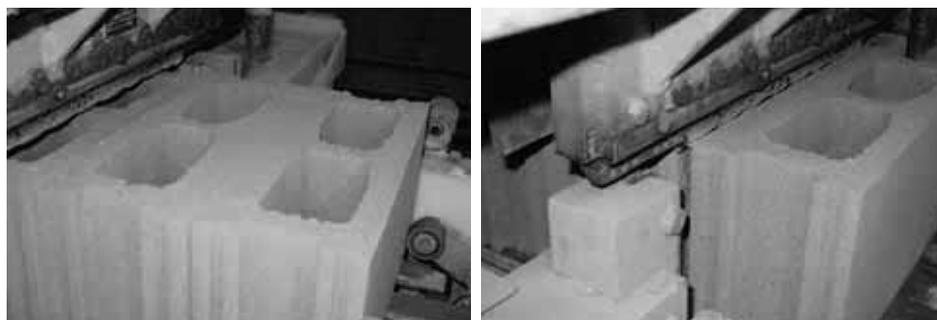


Ilustración 224. Esplitado de piezas. Entrada en la esplitadora de dos bloques unidos [izquierda]. Esplitado, separación de los dos bloques por rotura [derecha].

Del mismo modo se pueden conseguir bloques con dos caras split opuestas y/o contiguas, para obtener muros con acabado split en sus caras o remates con acabado split en extremos de muro o huecos de ventanas y pasos. Para ello en ocasiones es necesario fabricar incluso tres bloques unidos, legando incluso hasta cuatro en casos concretos.

14.2.3. BLOQUE PULIDO

Dentro de los acabados superficiales de nueva aparición, el más sencillo es el del pulido de la/s cara/s vista/s, mediante el paso de las piezas por una pulidora lineal de disco/s una vez fabricado el bloque estándar.

Este acabado es posible realizarlo a cualquier bloque estándar de cara/s lisa/s una vez terminado el fraguado y endurecido de la pieza, pudiendo aprovechar el paso del bloque por la pulidora para redondearle las aristas en el caso del bloque en esquina.

Las aplicaciones son las mismas que las del bloque estándar, pudiendo emplearse tanto en interior como en exterior.



Ilustración 225. Paredes de bloque con acabado superficial pulido.

Normalmente los fabricantes que ofrecen este producto presentan una carta de colores y modelos muy amplia debido a la mejora en el acabado, tratando de adaptarse a las exigencias del mercado.

Este tipo de acabado no interfiere en las características de la pieza, si no que básicamente le confiere un nuevo aspecto, únicamente se pueden considerar ciertos aspectos:

- El pulido facilita la limpieza.
- Los paramentos resultan más tersos con lo que el contacto él y los roces ocasionales son más suaves que con el bloque liso estándar.
- Se reduce la absorción en el caso de aplicación de pinturas, lo que al mismo tiempo hace que sea difícil aplicar revestimientos conglomerados como los enfoscados. En principio irrelevante ya que se entiende que se trata de un bloque cara vista.

- El acabado puede resultar similar al buscado con otras soluciones, como por ejemplo con el aplacado posterior con piedras naturales, de este modo pueden suprimirse determinados revestimientos, con el consiguiente ahorro constructivo y económico.

Este proceso puede ser aplicado a casi cualquier tipo de bloque una vez producido este, e incluso combinarse con alguno de los descritos en el apartado anterior, obteniendo por ejemplo bloque de acondicionamiento acústico con superficie pulida o bloque con aislamiento térmico con su/s cara/s pulida/s.

14.2.4. BLOQUE ESMALTADO-VITRIFICADO

Este curioso acabado superficial le confiere al bloque de hormigón la apariencia de una plaqueta vitrificada tradicional, aunque realmente se trata de un proceso industrial que ofrece el mismo resultado en un único producto.

Estas unidades cuentan con un compuesto acabado térmicamente y permanente en una o más caras. Este compuesto es aplicado en forma líquida mediante semi-inmersión sobre la/s cara/s vista/s, y se cura mediante tratamiento térmico en un horno de túnel, convirtiéndose así en parte integrante del bloque.

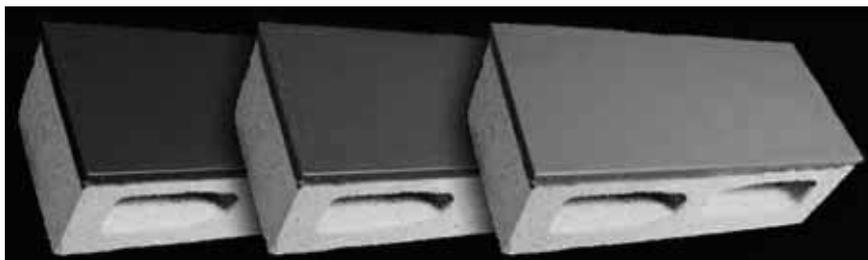


Ilustración 226. Muestras de bloque con acabado superficial esmaltado-vitrificado (Astraglace).

Al igual que en el caso anterior, las aplicaciones son las mismas que las del bloque estándar, pudiendo emplearse tanto en interior como en exterior, aunque lo habitual es su uso en interiores y más concretamente en casos como piscinas, hospitales, vestuarios, lavanderías, colegios,... etc. en los que la limpieza y la presencia del agua son un factores importantes o habituales.



Ilustración 227. Ejemplos con bloque con acabado superficial esmaltado-vitrificado.

Normalmente, al igual que en el caso anterior, los fabricantes que ofrecen este producto presentan una carta de colores y modelos muy amplia debido a la mejora en el acabado, tratando de adaptarse también a las exigencias del mercado.

Este tipo de acabado además de otorgar un nuevo aspecto, influye en los factores higrotérmicos del paramento, y podrá ser considerado del mismo modo que un paramento revestido de azulejo.

Este proceso también puede ser aplicado a casi cualquier tipo de bloque una vez producido este, e incluso combinarse con alguno de los descritos en el apartado anterior, obteniendo por ejemplo bloque de acondicionamiento acústico con superficie esmaltada o bloque con aislamiento térmico con su cara interior esmaltada (e incluso la exterior pulida).

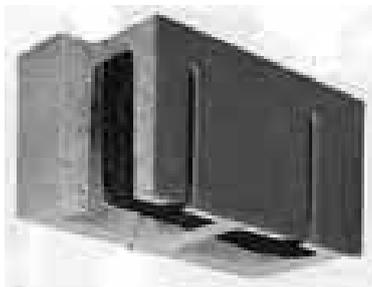


Ilustración 228. Bloque de acondicionamiento acústico con acabado superficial esmaltado-vitrificado.

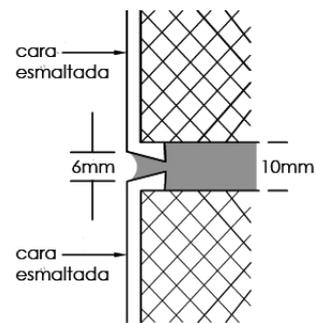


Ilustración 229. Detalle de junta en fábrica de bloque con acabado superficial esmaltado-vitrificado.

La ejecución del paramento será la misma que con el uso de bloque estándar, únicamente habrá que tener en cuenta que la ejecución de las juntas de mortero deberá ser rehundida para proceder al rejuntado con lechadas o morteros una vez terminada la pared.

14.2.5. BLOQUE LAVADO

El bloque lavado ha sido probablemente el último en implantarse en el mercado, sin que por el momento esté disponible en nuestro mercado nacional (al igual que el anterior). Su acabado superficial consiste en un lavado a presión proyectado sobre la/s cara/s deseada/s una vez se ha obtenido la pieza estándar y antes de su endurecimiento; el resultado es el una superficie lisa aunque ligeramente irregular, pudiendo situarse entre un acabado liso y uno rugoso tipo split.

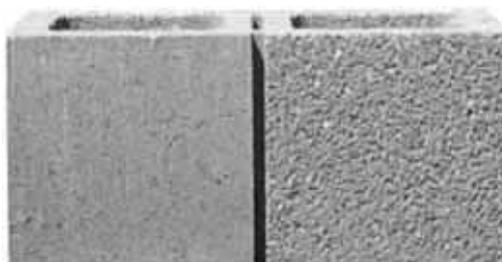


Ilustración 230. Diferencia entre acabado liso estándar [izquierda] y acabado lavado [derecha] sobre una misma pieza.

Las aplicaciones de este tipo de bloque son las mismas que del bloque normal, pudiendo emplearse tanto en interior como en exterior.

ANEXO I: SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Se incluyen secciones de soluciones constructivas de cerramientos, sin pretender ser soluciones definitivas, presentando múltiples situaciones posibles.

1. Cerramiento de una única hoja de fábrica de bloque estructural. Edificación con forjado sanitario.

2. Cerramiento de una única hoja de fábrica de bloque estructural con trasdosado interior ligero. Sótano con solera elevada sobre lecho de bloque hueco tumbado.

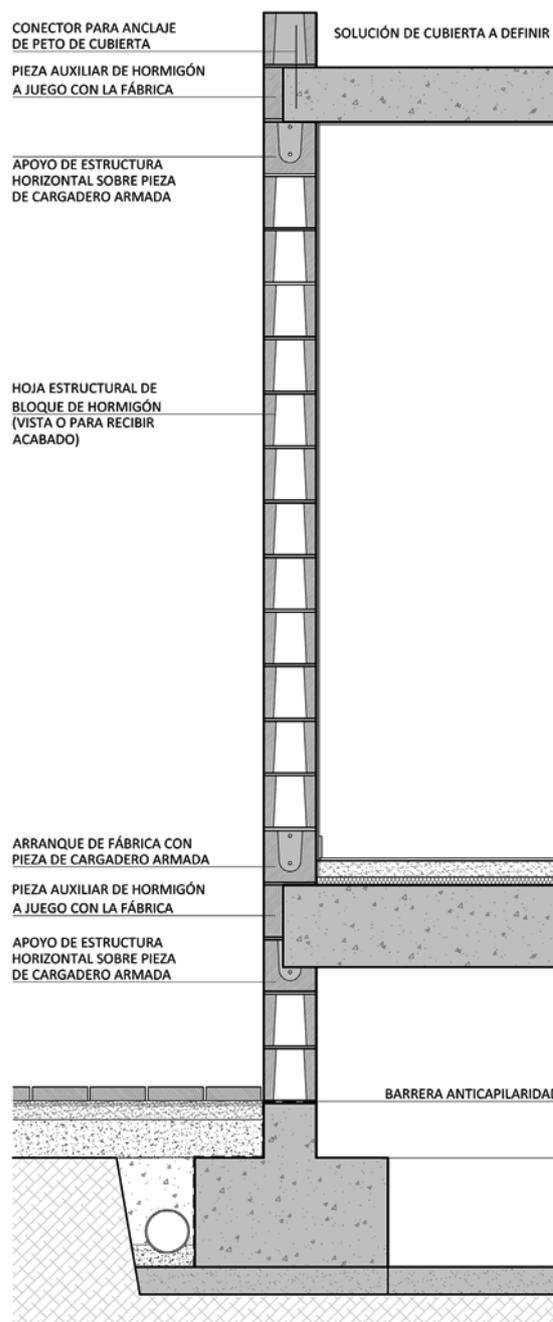
3. Cerramiento de una única hoja de fábrica de bloque estructural con acabado exterior mediante sistema de aislamiento por el exterior. Edificación sin sótano, con solera ventilada.

4. Cerramiento de una única hoja de fábrica de bloque estructural con sistema de fachada ventilada. Edificación con forjado sanitario.

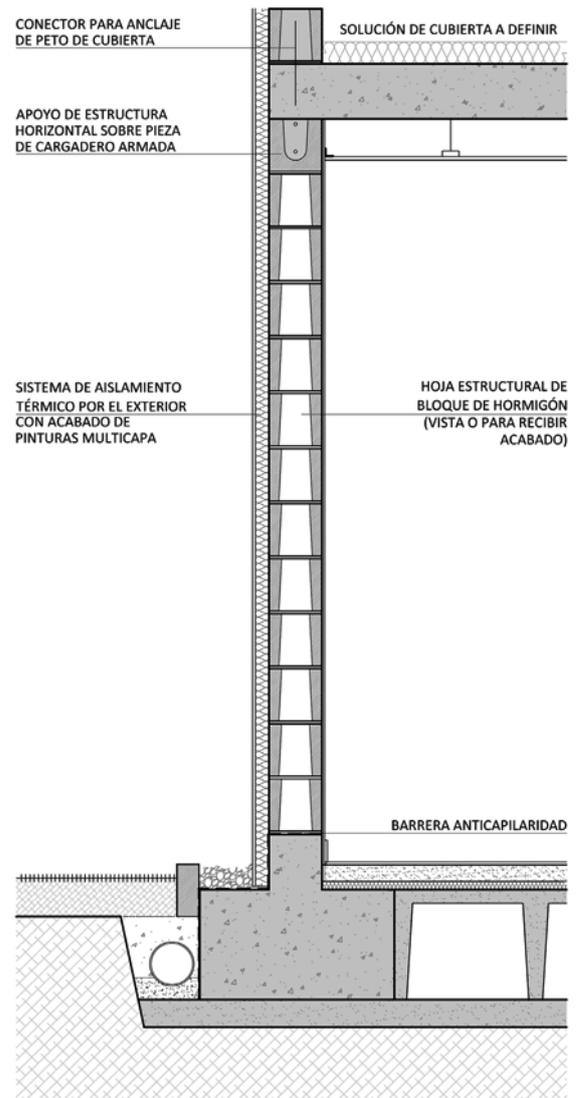
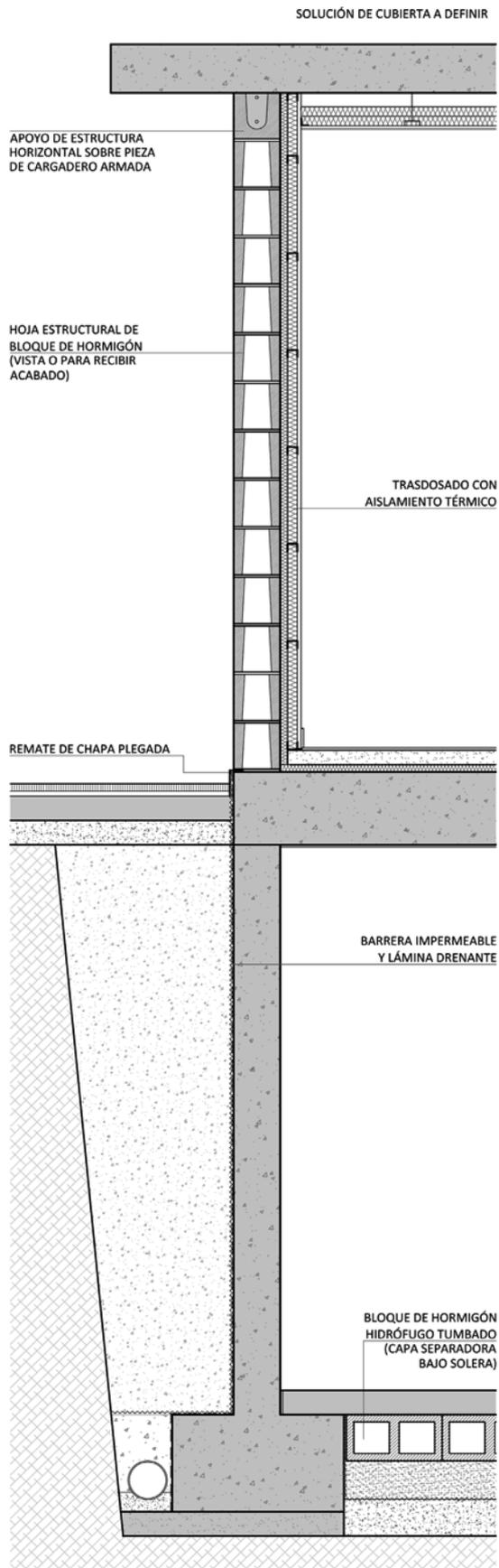
5. Cerramiento de dos hojas de fábrica: hoja interior estructural y hoja exterior con interposición de aislante térmico y cámara de aire. Muro de sótano con hoja exterior de fábrica como drenaje vertical.

7. Cerramiento de dos hojas de fábrica: hoja interior estructural y hoja exterior con interposición de aislante térmico y cámara de aire. Sótano con solera elevada sobre lecho de bloque hueco tumbado.

5. Cerramiento de dos hojas de fábrica: hoja exterior estructural y hoja interior con interposición de aislante térmico y cámara de aire. Edificación con forjado sanitario.

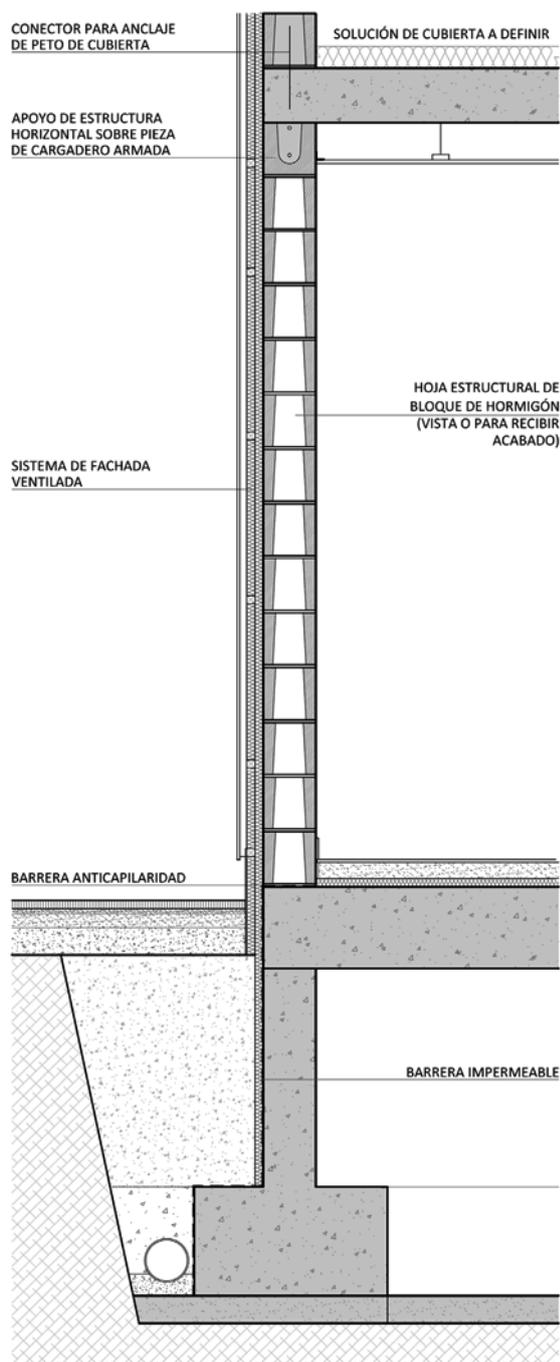


1. Cerramiento de una única hoja de fábrica de bloque estructural. Edificación con forjado sanitario.



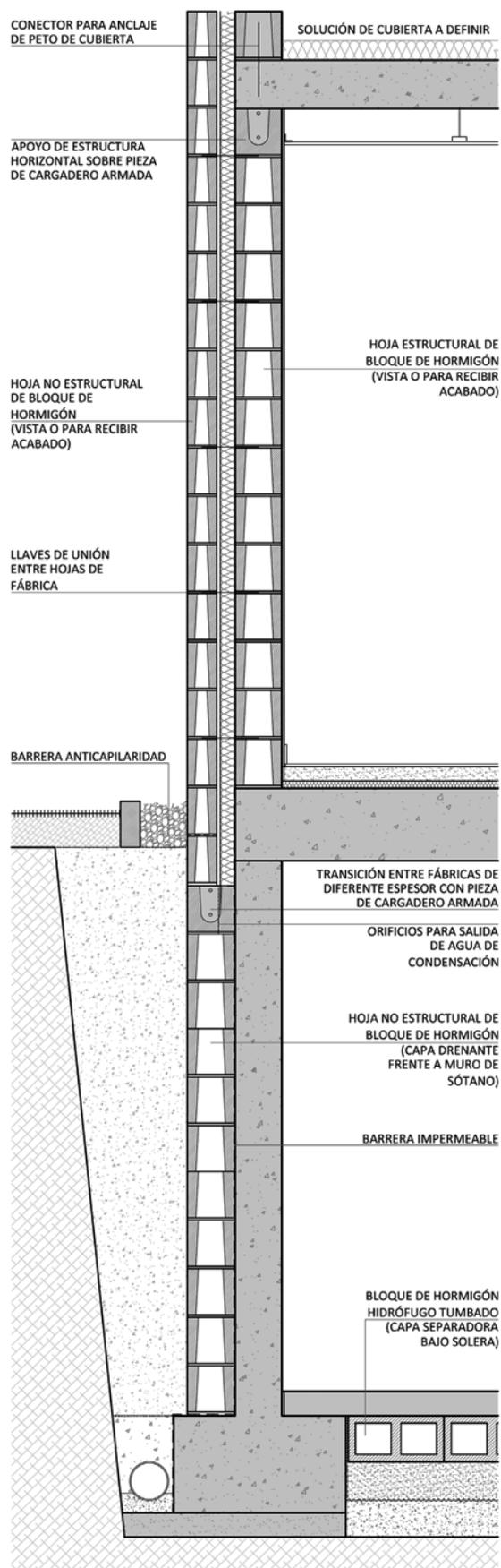
3. Cerramiento de una única hoja de fábrica de bloque estructural con acabado exterior mediante sistema de aislamiento por el exterior. Edificación sin sótano, con solera ventilada.

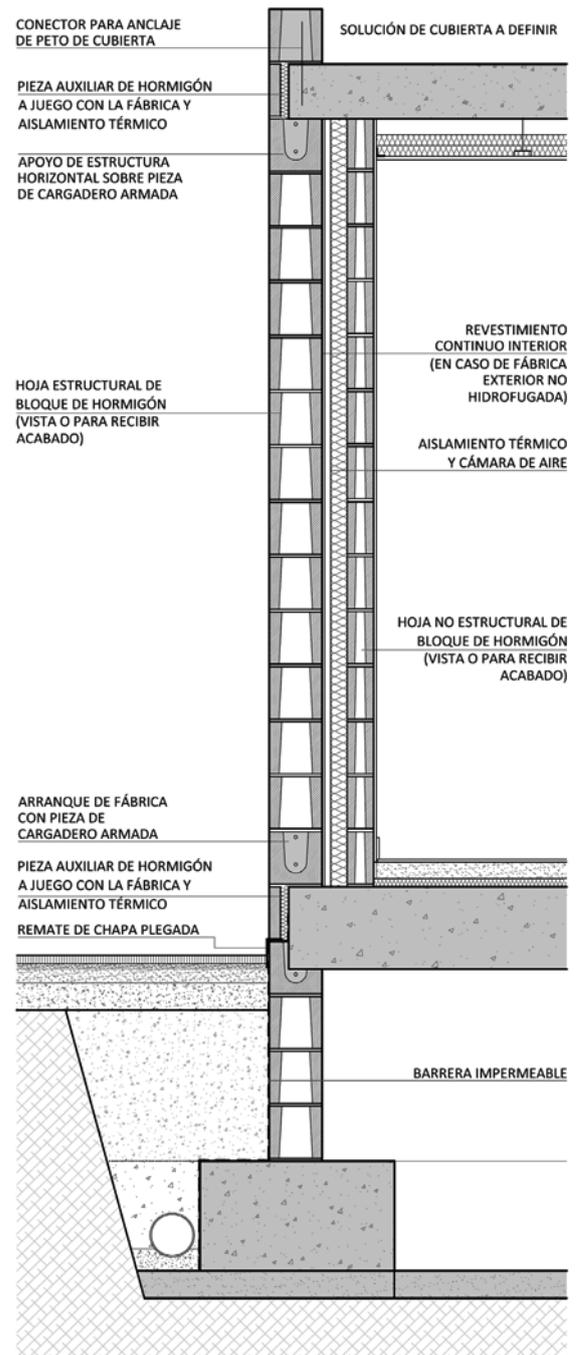
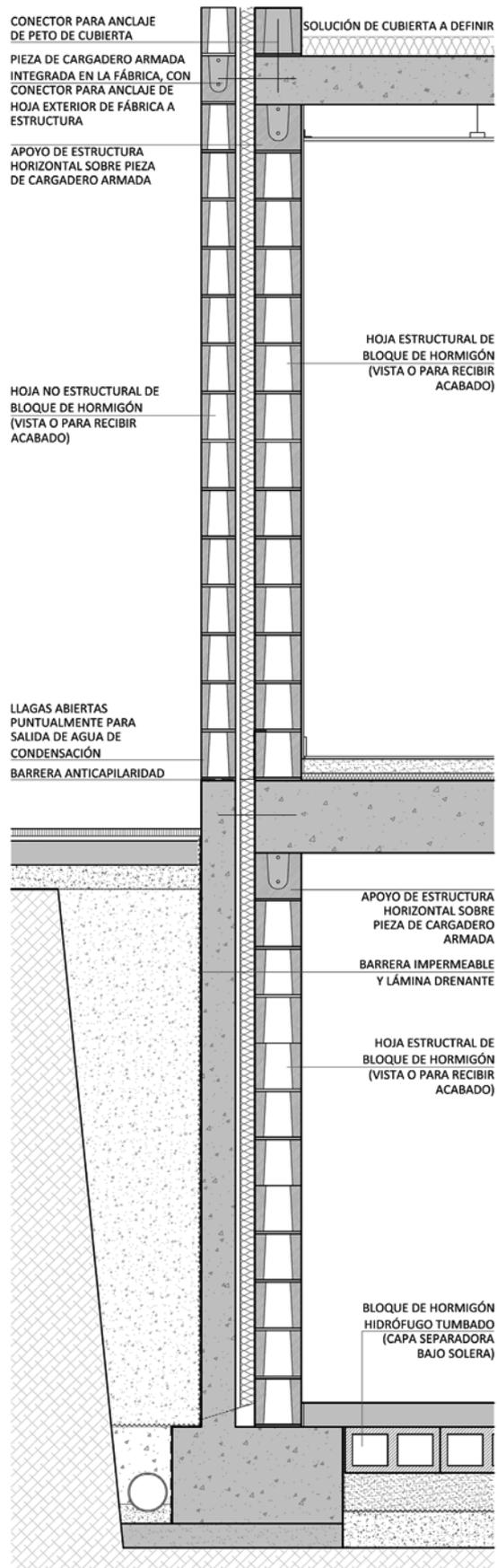
2. Cerramiento de una única hoja de fábrica de bloque estructural con trasdosado interior ligero. Sótano con solera elevada sobre lecho de bloque hueco tumbado.



4. Cerramiento de una única hoja de fábrica de bloque estructural con sistema de fachada ventilada. Edificación con forjado sanitario.

5. Cerramiento de dos hojas de fábrica: hoja interior estructural y hoja exterior con interposición de aislante térmico y cámara de aire. Muro de sótano con hoja exterior de fábrica como drenaje vertical.





7. Cerramiento de dos hojas de fábrica: hoja exterior estructural y hoja interior con interposición de aislante térmico y cámara de aire. Edificación con forjado sanitario.

6. Cerramiento de dos hojas de fábrica: hoja interior estructural y hoja exterior con interposición de aislante térmico y cámara de aire. . Sótano con solera elevada sobre lecho de bloque hueco tumbado.

ANEXO II: PRESTACIONES DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Se incluyen las prestaciones térmicas y acústicas de fachadas y particiones interiores con fábrica de bloque de hormigón denso, directamente extraídas del Catálogo de Soluciones Constructivas del Código Técnico de la Edificación, en su versión 6.3 de marzo de 2010.

4.2. Fachadas

4.2.1. Fábrica vista, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior

4.2.2. Fábrica vista, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el interior

4.2.3. Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior

4.2.4. Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el exterior

4.2.5. Fábrica con revestimiento continuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el interior

4.2.6. Fábrica con revestimiento discontinuo, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior

4.2.7. Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el interior

4.2.8. Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el exterior

4.2.9. Fábrica sin aislamiento

4.4. Particiones interiores verticales y medianerías

4.4.1. De fábrica u hormigón con apoyo directo. Con o sin trasdosados. Tipo 1.

4.4.1.1. Elemento base de una hoja

4.4.1.2. Elemento base de dos hojas

FACHADAS

4.2 Fachadas

4.2.1. Fábrica vista, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior.

FACHADA Hoja principal de fábrica vista

SIN CÁMARA O CON CÁMARA DE AIRE NO VENTILADA Aislamiento por el interior

HP Hoja principal

LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo)

BH fábrica de bloque de hormigón⁽¹⁰⁾ de áridos densos

LHO Fábrica de ladrillo perforado de hormigón de áridos densos

RM Revestimiento intermedio⁽⁷⁾

C cámara de aire no ventilada⁽⁹⁾

SP separación de 10mm

AT aislante no hidrófilo

HI hoja interior

LH fábrica de ladrillo hueco

BH fábrica de bloque de hormigón

YL placa de yeso laminado

RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado.

| Código CTE Código Técnico de Edificación | Descripción Sección (mm) | Datos entrada | | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽⁴⁾ | HR ⁽⁶⁾ | | |
|---|--------------------------|---------------|----|-------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| | | HP | RM | GI | U (W/m ² K) | R _A ⁽⁵⁾ (dBA) | R _{Att} ⁽⁵⁾ (dBA) | m (kg/m ²) |
| F.1.9 | | J1 | N1 | 2 | 1/(0,55+R _{AT}) | 49 | 46 | 269 |
| | | J2 | N2 | 3 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |
| F.F1.10 | | J1 | N1 | 2 | 1/(0,72+R _{AT}) | 49 | 46 | 269 |
| | | J2 | N2 | 4 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |
| F.F1.11 | | J1 | N1 | 3 | 1/(0,66+R _{AT}) | 49 | 46 | 331 |
| | | J2 | N2 | 4 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |
| F.F1.12 ⁽⁸⁾ | | J1 | N1 | 2 | 1/(0,43+R _{AT}) | 51 | 46 | 206 |
| | | J2 | N2 | 3 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |
| F.F1.13 ⁽⁸⁾ | | J1 | N1 | 3 | 1/(0,58+R _{AT}) | 58 | 53 | 206 |
| | | J2 | N2 | 4 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |

| Código CTE <small>COLEGIO TÉCNICO DE LA ESPAÑA</small> | Descripción Sección (mm) | Datos entrada | | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽⁴⁾ | HR ⁽⁶⁾ | | |
|---|--------------------------|---------------|----|-------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| | | HP | RM | GI | U (W/m ² K) | R _A ⁽⁵⁾ (dBA) | R _{Atr} ⁽⁵⁾ (dBA) | m (kg/m ²) |
| F.F1.14 | | J1 | N1 | 2 | 1/(0,41+R _{AT}) | 49 | 46 | 326 |
| | | J2 | N2 | 3 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |
| F.F1.15 | | J1 | N1 | 3 | 1/(0,58+R _{AT}) | 49 | 46 | 326 |
| | | J2 | N2 | 4 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |
| F.F1.16 ⁽⁸⁾ | | J1 | N1 | 2 | 1/(0,35+R _{AT}) | 51 | 46 | 201 |
| | | J2 | N2 | 3 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |
| F.F1.17 ⁽⁸⁾ | | J1 | N1 | 3 | 1/(0,50+R _{AT}) | 58 | 53 | 201 |
| | | J2 | N2 | 4 | | | | |
| | | - | B3 | 5 | | | | |

(1) Cuando el aislante de la fachada sea hidrófilo, el GI disminuye un grado excepto en las soluciones que cumplan la condición B3. Conviene aclarar que las soluciones de una sola hoja de 1/2 pie siempre deben llevar aislante no hidrófilo, por lo que no se dará esta circunstancia.

(2) Debe utilizarse ladrillo cerámico de higroscopicidad baja (succión ≤4,5 kg/m².min según UNE EN 772-11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006)

(3) Cuando la higroscopicidad de la hoja principal sea baja de acuerdo con la sección HS-1 (succión ≤4,5 kg/m².min según UNE EN 772-11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006), entonces el GI aumenta un grado.

(4) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{Rsi} se calculará según la siguiente expresión: f_{Rsi} = 1-U-0,25

(5) Valores de R_A y R_{Atr} válidos para fachadas en las que indistintamente se dispongan o no bandas elásticas en la base de la hoja interior

(6) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m, de R_A, y de R_{Atr}; el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio. Los valores de R_A y R_{Atr} se aplican indistintamente a fachadas con hoja interior de ladrillo hueco, como de ladrillo de gran formato. Los valores de m (mínimo y medio) indicados en la tabla corresponden a fachadas cuya hoja interior es de ladrillo hueco doble. Para hallar la m de una fachada con hoja interior de ladrillo gran formato se restarán 15 kg/m² al valor indicado

(7) El poliuretano proyectado con un espesor medio ≥ 40mm y una densidad ≥ 35 kg/m³ puede considerarse revestimiento de tipo B3, además de ser aislante térmico.

(8) En el caso de las fachadas con hoja interior de placas de yeso laminado, los valores de R_A y de R_{Atr} son válidos si disponen de lana mineral o absorbente acústico poroso con una resistividad al flujo del aire, r ≥ 5 kPa.s/m² en la cámara

(9) De acuerdo con lo especificado en el DB HS 1, se consideran cámaras no ventiladas todas las cámaras con un área de ventilación efectiva menor que 120 cm² por cada 10 m² de fachada entre forjados, es decir, si tomamos una altura entre forjados de 3 m, equivalente a una superficie de aberturas de 3600 mm². Cuando una fachada disponga de una cámara con un área de ventilación efectiva comprendida entre 500mm² ≤ A efectiva < 1500 mm², debe procederse de la siguiente manera:

HE Para obtener U: Debe restarse 0,09 al denominador indicado en las tablas. Por ejemplo: 1/(0,52+R_{AT}-0,09)

HR Para obtener R_A y R_{Atr}: Debe restarse 1 dB al valor de R_A y de R_{Atr} expresado en la tabla.

Cuando una fachada disponga de una cámara con un área de ventilación efectiva comprendida entre 1500mm² ≤ A efectiva < 3600 mm², debe procederse de la siguiente manera:

HE Para obtener U: Se tomarán los siguientes valores de U, en función de la hoja interior de la fachada:

| Hoja interior de la fachada | U (W/m ² K) |
|--|---------------------------|
| Bloques de hormigón de áridos densos BH AD | 1/(0,39+R _{AT}) |
| Bloques de hormigón de áridos densos BH AL | 1/(0,74+R _{AT}) |
| Placa de yeso laminado | 1/(0,32+R _{AT}) |

HR Para obtener R_A y R_{Atr}: Debe restarse 2 dB al valor de R_A y de R_{Atr} expresado en la tabla.

(10) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE 41170:1989EX debe ser como máximo 0,32 g/cm³. Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón cara vista, el valor medio del coeficiente de succión de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE EN 772 11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006 y para un tiempo de 10 minutos debe ser como máximo 3 gr/m².s y el valor individual del coeficiente debe ser como máximo 4,2 g/m².s.

4.2.2. Fábrica vista, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el interior.

| FACHADA Hoja principal de fábrica vista CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA Aislamiento por el interior | | | | | | |
|---|-----------------------------|----|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| HP Hoja principal | | | | | | |
| LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo) | | | | | | |
| BH fábrica de bloque de hormigón ⁽⁴⁾ de áridos densos | | | | | | |
| LHO Fábrica de ladrillo perforado de hormigón ⁽⁴⁾ de áridos densos | | | | | | |
| C cámara de aire ventilada ⁽⁵⁾ | | | | | | |
| AT aislante no hidrófilo | | | | | | |
| HI hoja interior | | | | | | |
| LH fábrica de ladrillo hueco | | | | | | |
| BH fábrica de bloque de hormigón | | | | | | |
| T tablero o panel impermeable | | | | | | |
| YL placa de yeso laminado | | | | | | |
| RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado | | | | | | |
| Código CTE Código Técnico de la Edificación | Descripción Sección (mm) | HS | HE ⁽¹⁾ | HR ⁽²⁾ | | |
| | | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{Atr} (dBA) | m (kg/m ²) |
| F.2.3 | | 5 | $1/(0,45+R_{AT})$ | 46 | 43 | 242 |
| F.2.4 | | 5 | $1/(0,39+R_{AT})$ | 46 | 43 | 304 |
| F.2.5 ⁽³⁾ | | 5 | $1/(0,36+R_{AT})$ | 55 | 50 | 179 |
| F.2.6 | | 5 | $1/(0,39+R_{AT})$ | 46 | 43 | 299 |
| F.2.7 ⁽³⁾ | | 5 | $1/(0,36+R_{AT})$ | 55 | 50 | 174 |

(1) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{Rsi} se calculará según la siguiente expresión: $f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$

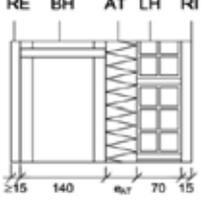
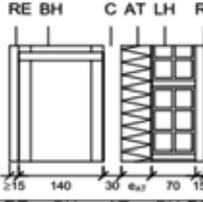
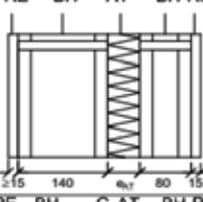
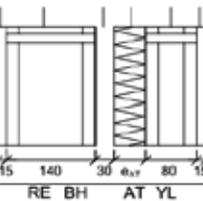
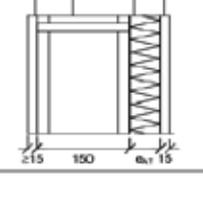
(2) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m, el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio. Los valores de R_A y R_{Atr} se aplican indistintamente a fachadas con hoja interior de ladrillo hueco, como de ladrillo de gran formato. Los valores de R_A y R_{Atr} son válidos para fachadas en las que indistintamente se dispongan o no bandas elásticas en la base de la hoja interior. Los valores de m (mínimo y medio) indicados en la tabla corresponden a fachadas cuya hoja interior es de ladrillo hueco doble. Para hallar la m de una fachada con hoja interior de ladrillo gran formato se restarán 15 kg/m² al valor indicado.

(3) En el caso de las fachadas con hoja interior de placas de yeso laminado, los valores de R_A y R_{Atr} son válidos si disponen de lana mineral o un absorbente acústico poroso con una resistividad al flujo del aire, $r \geq 5$ kPa.s/m² en la cámara.

(4) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE 41170:1989EX debe ser como máximo 0,32 g/cm³. El área de ventilación efectiva será ≥ 120 cm² por cada 10 m² de fachada entre forjados. Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón cara vista, el valor medio del coeficiente de succión de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE EN 772 11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006 y para un tiempo de 10 minutos debe ser como máximo 3 gr/m².s y el valor individual del coeficiente debe ser como máximo 4,2 g/m².s.

5) Según se establece en el DB HS 1, una cámara de aire ventilada tiene un espesor ≥ 3 cm y ≤ 10 cm, un sistema de recogida y evacuación del agua y aberturas de ventilación con una anchura >5 mm repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior de un paño entre forjados. El área de ventilación efectiva será ≥ 120 cm² por cada 10 m² de fachada entre forjados.

4.2.3. Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior

| FACHADA Hoja principal de fábrica con revestimiento continuo SIN CÁMARA O CON CÁMARA DE AIRE NO VENTILADA Aislamiento por el interior | | | | | | | |
|--|---|---------------|-------------------|--|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| RE Revestimiento exterior continuo HP Hoja principal LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo) BH fábrica de bloque de hormigón ⁽¹⁰⁾ de áridos densos LHO Fábrica de ladrillo perforado de hormigón ⁽¹⁰⁾ de áridos densos RM revestimiento intermedio (opcional) C cámara de aire no ventilada ⁽⁹⁾ SP separación de 10mm AT aislante no hidrófilo HI hoja interior LH fábrica de ladrillo hueco BH fábrica de bloque de hormigón YL placa de yeso laminado RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado | | | | | | | |
| Código CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN | Descripción Sección (mm) | Datos entrada | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽²⁾ | HR ^{(3) (4)} | | |
| | | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{Atr} (dBA) |
| F 3.9 |  | R1 | 3 | $1/(0,55+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,04+R_{AT})^{(6)}$ | $49^{(5)}$ $47^{(6)}$ | $46^{(5)}$ $44^{(6)}$ | $269^{(5)}$ $241^{(6)}$ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3.10 |  | R1 | 4 | $1/(0,72+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,21+R_{AT})^{(6)}$ | $49^{(5)}$ $47^{(6)}$ | $46^{(5)}$ $44^{(6)}$ | $269^{(5)}$ $241^{(6)}$ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3.11 |  | R1 | 3 | $1/(0,49+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,33+R_{AT})^{(6)}$ | $49^{(5)}$ $47^{(6)}$ | $46^{(5)}$ $44^{(6)}$ | $331^{(5)}$ $280^{(6)}$ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3.12 |  | R1 | 4 | $1/(0,66+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,50+R_{AT})^{(6)}$ | $49^{(5)}$ $47^{(6)}$ | $46^{(5)}$ $44^{(6)}$ | $331^{(5)}$ $280^{(6)}$ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3.13 ⁽⁸⁾ |  | R1 | 3 | $1/(0,43+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,92+R_{AT})^{(6)}$ | $51^{(5)}$ $50^{(6)}$ | $46^{(5)}$ $45^{(6)}$ | $206^{(5)}$ $178^{(6)}$ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |

| Código CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN | Descripción Sección (mm) | Datos entrada | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽²⁾ | HR ^{(3) (4)} | | |
|--|--------------------------|------------------|-------------------|--|--|--|--|
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{Att} (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 3. 14 ⁽⁸⁾ | | R1 | 4 | $1/(0,58+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,07+R_{AT})^{(6)}$ | 58 ⁽⁵⁾ 57 ⁽⁶⁾ | 53 ⁽⁵⁾ 52 ⁽⁶⁾ | 206 ⁽⁵⁾ 178 ⁽⁶⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3. 15 | | R1 | 4 | $1/(0,61+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,19+R_{AT})^{(6)}$ | 54 ⁽⁵⁾ 50 ⁽⁶⁾ | 51 ⁽⁵⁾ 47 ⁽⁶⁾ | 365 ⁽⁵⁾ 305 ⁽⁶⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3. 16 | | R1 o B3 | 5 | $1/(0,78+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,36+R_{AT})^{(6)}$ | 54 ⁽⁵⁾ 50 ⁽⁶⁾ | 51 ⁽⁵⁾ 47 ⁽⁶⁾ | 365 ⁽⁵⁾ 305 ⁽⁶⁾ |
| F 3. 17 | | R1 | 4 | $1/(0,55+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,48+R_{AT})^{(6)}$ | 54 ⁽⁵⁾ 50 ⁽⁶⁾ | 51 ⁽⁵⁾ 47 ⁽⁶⁾ | 427 ⁽⁵⁾ 344 ⁽⁶⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3. 18 | | R1 o B3 | 5 | $1/(0,72+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,65+R_{AT})^{(6)}$ | 54 ⁽⁵⁾ 50 ⁽⁶⁾ | 51 ⁽⁵⁾ 47 ⁽⁶⁾ | 427 ⁽⁵⁾ 344 ⁽⁶⁾ |
| F 3. 19 ⁽⁸⁾ | | R1 | 4 | $1/(0,49+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,07+R_{AT})^{(6)}$ | 56 ⁽⁵⁾ 53 ⁽⁶⁾ | 51 ⁽⁵⁾ 48 ⁽⁶⁾ | 302 ⁽⁵⁾ 242 ⁽⁶⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3. 20 ⁽⁸⁾ | | R1 o B3 | 5 | $1/(0,64+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,22+R_{AT})^{(6)}$ | 63 ⁽⁵⁾ 60 ⁽⁶⁾ | 58 ⁽⁵⁾ 55 ⁽⁶⁾ | 302 ⁽⁵⁾ 242 ⁽⁶⁾ |

| Código CTE CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN | Descripción Sección (mm) | Datos entrada | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽²⁾ | HR ^{(3) (4)} | | |
|--|--------------------------|---------------|-------------------|--|--|--|--|
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{ATr} (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 3. 29 | | R1 | 3 | $1/(0,41+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,96+R_{AT})^{(6)}$ | 49 ⁽⁵⁾ 47 ⁽⁶⁾ | 46 ⁽⁵⁾ 44 ⁽⁶⁾ | 326 ⁽⁵⁾ 282 ⁽⁶⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3. 30 | | R1 | 4 | $1/(0,58+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,13+R_{AT})^{(6)}$ | 49 ⁽⁵⁾ 47 ⁽⁶⁾ | 46 ⁽⁵⁾ 44 ⁽⁶⁾ | 326 ⁽⁵⁾ 282 ⁽⁶⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3. 31 ⁽⁸⁾ | | R1 | 3 | $1/(0,35+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,55+R_{AT})^{(6)}$ | 51 ⁽⁵⁾ 50 ⁽⁶⁾ | 46 ⁽⁵⁾ 45 ⁽⁶⁾ | 201 ⁽⁵⁾ 180 ⁽⁶⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 3. 32 ⁽⁸⁾ | | R1 | 4 | $1/(0,50+R_{AT})^{(5)}$ $1/(1,70+R_{AT})^{(6)}$ | 58 ⁽⁵⁾ 57 ⁽⁶⁾ | 53 ⁽⁵⁾ 52 ⁽⁶⁾ | 201 ⁽⁵⁾ 180 ⁽⁶⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |

- (1) Cuando el aislante sea hidrófilo el GI disminuye un grado, excepto cuando se cumplan las condiciones R3 o B3. Conviene aclarar que las soluciones de una sola hoja de 1/2 pie siempre deben llevar aislante no hidrófilo, por lo que no se dará esta circunstancia.
- (2) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{Rsi} se calculará según la siguiente expresión: $f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$
- (3) Valores de R_A y R_{ATr} válidos para fachadas en las que indistintamente se dispongan o no bandas elásticas en la base de la hoja interior.
- (4) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m, de R_A y de R_{ATr} ; el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio. Los valores de R_A y R_{ATr} se aplican indistintamente a fachadas con hoja interior de ladrillo hueco, como de ladrillo de gran formato. Los valores de m (mínimo y medio) indicados en la tabla corresponden a fachadas cuya hoja interior es de ladrillo hueco doble. Para hallar la m de una fachada con hoja interior de ladrillo gran formato se restarán 15 kg/m² al valor indicado. En el caso de hoja principal de ladrillo cerámico, los valores de m, de R_A y de R_{ATr} son aplicables sólo en el caso de que la hoja principal sea de ladrillo perforado o macizo.
- (5) Valores de U, m, R_A y R_{ATr} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón convencional o de áridos densos
- (6) Valores de U, m, R_A y R_{ATr} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón de áridos ligeros
- (7) Valores válidos para bloques de picón de 25 cm de espesor con dos o tres cámaras
- (8) En el caso de las fachadas con hoja interior de placas de yeso laminado, los valores de R_A y de R_{ATr} son válidos si disponen de lana mineral o un absorbente acústico poroso con una resistividad al flujo del aire, $r \geq 5$ kPa.s/m² en la cámara
- (9) De acuerdo con lo especificado en el DB HS 1, se consideran cámaras no ventiladas todas las cámaras con un área de ventilación efectiva menor que 120 cm² por cada 10 m² de fachada entre forjados, es decir, si tomamos una altura entre forjados de 3 m, equivalente a una superficie de aberturas de 3600 mm². Cuando una fachada disponga de una cámara con un área de ventilación efectiva comprendida entre 500mm² ≤ A efectiva < 1500 mm², debe procederse de la siguiente manera:
 HE Para obtener U: Debe restarse 0,09 al denominador indicado en las tablas. Por ejemplo: $1/(0,52+R_{AT} - 0,09)$
 HR Para obtener R_A y R_{ATr} : Debe restarse 1 dB al valor de R_A y de R_{ATr} expresado en la tabla.
 Cuando una fachada disponga de una cámara con un área de ventilación efectiva comprendida entre 1500mm² ≤ A efectiva < 3600mm², debe procederse de la siguiente manera:
 HE Para obtener U: Se tomarán los siguientes valores de U, en función de la hoja interior de la fachada:
- | Hoja interior de la fachada | U (W/m ² K) |
|---|------------------------|
| Bloque de hormigón Áridos densos BH AD | $1/(0,39+R_{AT})$ |
| Bloque de hormigón Áridos ligeros BH AL | $1/(0,74+R_{AT})$ |
- HR Para obtener R_A y R_{ATr} : Debe restarse 2 dB al valor de R_A y de R_{ATr} expresado en la tabla.
- (10) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE 41170:1989EX debe ser como máximo 0,32 g/cm³.
- (11) Valores de R_A y R_{ATr} válidos para una densidad del material de 1.800 kg/m³ y 1.500 kg/m³. Entre corchetes figura el valor de m correspondiente a una densidad del material de 1.500 kg/m³.

4.2.4. Fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el exterior

| FACHADA Hoja principal de fábrica con revestimiento continuo SIN CÁMARA O CON CÁMARA DE AIRE NO VENTILADA Aislamiento por el exterior | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------|----|--|----------------------|------------------------|------------------------|
| RE Revestimiento exterior continuo AT aislante no hidrófilo HP Hoja principal LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo) BH fábrica de bloque de hormigón ⁽⁶⁾ de áridos densos LHO Fábrica de ladrillo perforado de hormigón ⁽⁶⁾ de áridos densos RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado | | | | | | | |
| Código CTE Código Técnico de Edificación | Descripción Sección (mm) | Datos entrada | HS | HE ⁽¹⁾ | HR ⁽²⁾ | | |
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{Atx} (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 4.3 | | R1 | 4 | $1/(0,39+R_{AT})^{(3)}$ $1/(0,88+R_{AT})^{(4)}$ | 44 ⁽³⁾ | 41 ⁽³⁾ | 210 ⁽³⁾ |
| | | R3 | 5 | | 41 ⁽⁴⁾ | 38 ⁽⁴⁾ | 182 ⁽⁴⁾ |
| F 4.4 | | R1 | 5 | $1/(0,45+R_{AT})^{(3)}$ $1/(1,03+R_{AT})^{(4)}$ | 51 ⁽³⁾ | 48 ⁽³⁾ | 306 ⁽³⁾ |
| | | | | | 47 ⁽⁴⁾ | 44 ⁽⁴⁾ | 246 ⁽⁴⁾ |
| F 4.7 | | R1 | 4 | $1/(0,31+R_{AT})^{(3)}$ $1/(0,51+R_{AT})^{(4)}$ | 44 ⁽³⁾ | 41 ⁽³⁾ | 205 ⁽³⁾ |
| | | R3 | 5 | | 42 ⁽⁴⁾ | 39 ⁽⁴⁾ | 184 ⁽⁴⁾ |

(1) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{Rsi} se calculará según la siguiente expresión: $f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$.

(2) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m, de R_A y de R_{Atx} ; el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio. En el caso de hoja principal de ladrillo cerámico, los valores de m, de R_A y de R_{Atx} son aplicables sólo en el caso de que la hoja principal sea de ladrillo perforado o macizo.

(3) Valores de U, m, R_A y R_{Atx} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón convencional o de áridos densos.

(4) Valores de U, m, R_A y R_{Atx} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón de áridos ligeros.

(5) Valores válidos para bloques de picón de 25 cm de espesor con dos o tres cámaras.

(6) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE 41170:1989EX debe ser como máximo 0,32 g/cm³.

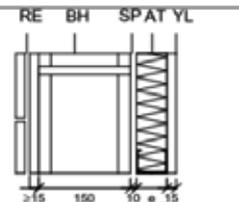
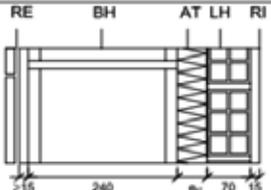
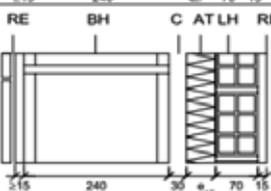
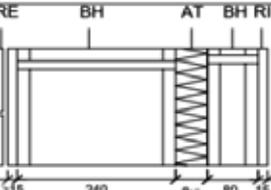
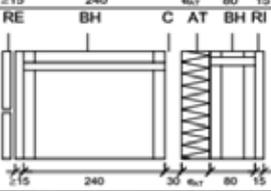
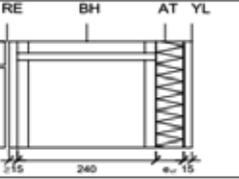
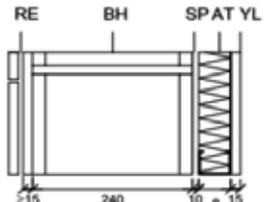
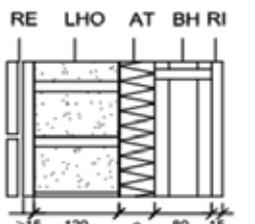
4.2.5. Fábrica con revestimiento continuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el interior

| FACHADA Hoja principal de fábrica con revestimiento continuo CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA Aislamiento por el interior | | | | | | |
|--|--------------------------|----|--|--|--|--|
| RE Revestimiento exterior continuo | | | | | | |
| HP Hoja principal | | | | | | |
| LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo) | | | | | | |
| BH fábrica de bloque de hormigón ⁽⁶⁾ de áridos densos | | | | | | |
| LHO Fábrica de ladrillo perforado de hormigón ⁽⁶⁾ de áridos densos | | | | | | |
| C Cámara de aire ventilada ⁽⁷⁾ | | | | | | |
| AT aislante no hidrófilo | | | | | | |
| HI hoja interior | | | | | | |
| BH fábrica de bloque de hormigón de áridos densos | | | | | | |
| LH fábrica de ladrillo hueco | | | | | | |
| T tablero o panel impermeable | | | | | | |
| YL placa de yeso laminado | | | | | | |
| RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado | | | | | | |
| Código CTE <small>CÓDIGO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN</small> | Descripción Sección (mm) | HS | HE ⁽¹⁾ | HR ⁽²⁾ | | |
| | | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{Atr} (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 5.3 | | 5 | $1/(0,45+R_{AT})^{(3)(4)}$ | 46 ⁽³⁾ 44 ⁽⁴⁾ | 43 ⁽³⁾ 41 ⁽⁴⁾ | 269 ⁽³⁾ 241 ⁽⁴⁾ |
| F 5.4 | | 5 | $1/(0,39+R_{AT})^{(3)}$ $1/(0,74+R_{AT})^{(4)}$ | 46 ⁽³⁾ 44 ⁽⁴⁾ | 43 ⁽³⁾ 41 ⁽⁴⁾ | 331 ⁽³⁾ 280 ⁽⁴⁾ |
| F 5.5 ⁽⁵⁾ | | 5 | $1/(0,36+R_{AT})^{(3)(4)}$ | 55 ⁽³⁾ 54 ⁽⁴⁾ | 50 ⁽³⁾ 49 ⁽⁴⁾ | 206 ⁽³⁾ 178 ⁽⁴⁾ |
| F 5.6 | | 5 | $1/(0,39+R_{AT})^{(3)}$ $1/(0,74+R_{AT})^{(4)}$ | 46 ⁽³⁾ 44 ⁽⁴⁾ | 43 ⁽³⁾ 41 ⁽⁴⁾ | 326 ⁽³⁾ 282 ⁽⁴⁾ |
| F 5.7 ⁽⁵⁾ | | 5 | $1/(0,36+R_{AT})^{(3)(4)}$ | 55 ⁽³⁾ 54 ⁽⁴⁾ | 50 ⁽³⁾ 49 ⁽⁴⁾ | 201 ⁽³⁾ 180 ⁽⁴⁾ |

- (1) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{Rsi} se calculará según la siguiente expresión: $f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$
- (2) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m , de R_A y de R_{At} ; el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura **entre corchetes**, es un valor medio.
Los valores de R_A y de R_{At} son válidos para fachadas en las que indistintamente se dispongan o no bandas elásticas en la base de la hoja interior.
Los valores de R_A y de R_{At} se aplican indistintamente a fachadas con hoja interior de ladrillo hueco, como de ladrillo de gran formato.
Los valores de m (mínimo y medio) indicados en la tabla corresponden a fachadas cuya hoja interior es de ladrillo hueco doble. Para hallar la m de una fachada con hoja interior de ladrillo de gran formato se restarán 15 kg/m^2 al valor indicado.
En el caso de hoja principal de ladrillo cerámico, los valores de m , de R_A y de R_{At} son aplicables sólo en el caso de que la hoja principal sea de ladrillo perforado o macizo.
- (3) Valores de U , m , R_A y R_{At} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón convencional o de áridos densos.
- (4) Valores de U , m , R_A y R_{At} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón de áridos ligeros.
- (5) En el caso de las fachadas con hoja interior de placas de yeso laminado, los valores de R_A y de R_{At} son válidos si disponen de lana mineral o un material absorbente acústico con una resistividad al flujo del aire, $r \geq 5 \text{ kPa}\cdot\text{s/m}^2$ en la cámara.
- (6) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE 41170:1989EX debe ser como máximo $0,32 \text{ g/cm}^3$.
- (7) Según se establece en el DB HS 1, una cámara de aire ventilada tiene un espesor $\geq 3 \text{ cm}$ y $\geq 10 \text{ cm}$, un sistema de recogida y evacuación del agua y aberturas de ventilación con una anchura $> 5 \text{ mm}$ repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior de un paño entre forjados.
El área de ventilación efectiva será $\geq 120 \text{ cm}^2$ por cada 10 m^2 de fachada entre forjados.
- (8) Valores de R_A y R_{At} válidos para una densidad del material de 1.800 kg/m^3 y 1.500 kg/m^3 . Entre corchetes figura el valor de m correspondiente a una densidad del material de 1.500 kg/m^3 .

4.2.6 Fábrica con revestimiento discontinuo, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior

| FACHADA Hoja principal de fábrica con revestimiento discontinuo SIN CÁMARA O CON CÁMARA DE AIRE NO VENTILADA Aislamiento por el interior | | | | | | | |
|--|--------------------------|------------------|-------------------|--|--|--|--|
| RE Revestimiento exterior discontinuo HP Hoja principal BH fábrica de bloque de hormigón ⁽¹¹⁾ de áridos densos LHO Fábrica de ladrillo perforado de hormigón ⁽¹¹⁾ de áridos densos RM revestimiento intermedio (opcional) C Cámara de aire no ventilada ⁽¹⁰⁾ SP separación de 10 mm AT aislante no hidrófilo HI hoja interior BH fábrica de bloque de hormigón de áridos densos LH fábrica de ladrillo hueco YL placa de yeso laminado RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado | | | | | | | |
| Código CTE <small>CÓDIGO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN</small> | Descripción Sección (mm) | Datos de entrada | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽²⁾ | HR ^{(3) (4)} | | |
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A ⁽⁵⁾ (dBA) | R _{ATI} ⁽⁵⁾ (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 6.9 | | R1 | 3 | $1/(0,55+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,04+R_{AT})^{(7)}$ | 49 ⁽⁶⁾ (50) ⁽⁶⁾ 47 ⁽⁷⁾ (48) ⁽⁷⁾ | 46 ⁽⁶⁾ (47) ⁽⁶⁾ 44 ⁽⁷⁾ (45) ⁽⁷⁾ | 291 ⁽⁶⁾ 263 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.10 | | R1 | 4 | $1/(0,72+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,21+R_{AT})^{(7)}$ | 49 ⁽⁶⁾ (50) ⁽⁶⁾ 47 ⁽⁷⁾ (48) ⁽⁷⁾ | 46 ⁽⁶⁾ (47) ⁽⁶⁾ 44 ⁽⁷⁾ (45) ⁽⁷⁾ | 291 ⁽⁶⁾ 263 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.11 | | R1 | 3 | $1/(0,49+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,33+R_{AT})^{(7)}$ | 49 ⁽⁶⁾ (50) ⁽⁶⁾ 47 ⁽⁷⁾ (48) ⁽⁷⁾ | 46 ⁽⁶⁾ (47) ⁽⁶⁾ 44 ⁽⁷⁾ (45) ⁽⁷⁾ | 353 ⁽⁶⁾ 302 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.12 | | R1 | 4 | $1/(0,66+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,50+R_{AT})^{(7)}$ | 49 ⁽⁶⁾ (50) ⁽⁶⁾ 47 ⁽⁷⁾ (48) ⁽⁷⁾ | 46 ⁽⁶⁾ (47) ⁽⁶⁾ 44 ⁽⁷⁾ (45) ⁽⁷⁾ | 353 ⁽⁶⁾ 302 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.13 ⁽⁸⁾ | | R1 | 3 | $1/(0,43+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,92+R_{AT})^{(7)}$ | 51 ⁽⁶⁾ (52) ⁽⁶⁾ 50 ⁽⁷⁾ (51) ⁽⁷⁾ | 46 ⁽⁶⁾ (47) ⁽⁶⁾ 45 ⁽⁷⁾ (46) ⁽⁷⁾ | 228 ⁽⁶⁾ 200 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |

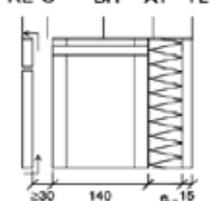
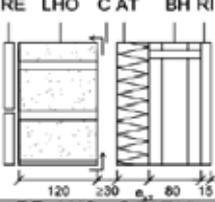
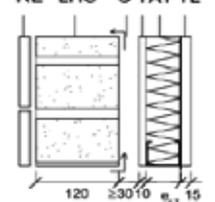
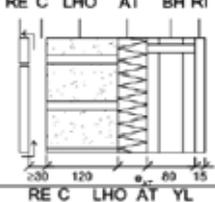
| Código CTE <small>LIBRO TÉCNICO DE LA ESPALDADA</small> | Descripción Sección (mm) | Datos de entrada | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽²⁾ | HR ^{(3) (4)} | | |
|--|---|---------------------|-------------------|--|--|--|--|
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A ⁽⁵⁾ (dBA) | R _{Att} ⁽⁵⁾ (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 6.14 ⁽⁸⁾ |  | R1 | 4 | $1/(0,58+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,07+R_{AT})^{(7)}$ | 58 ⁽⁶⁾ (59) ⁽⁶⁾ 57 ⁽⁷⁾ (58) ⁽⁷⁾ | 53 ⁽⁶⁾ (54) ⁽⁶⁾ 52 ⁽⁷⁾ (53) ⁽⁷⁾ | 228 ⁽⁶⁾ 200 ⁽⁷⁾ |
| F 6.15 |  | R1 | 4 | $1/(0,61+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,19+R_{AT})^{(7)}$ | 54 ⁽⁶⁾ (55) ⁽⁶⁾ 50 ⁽⁷⁾ (51) ⁽⁷⁾ | 51 ⁽⁶⁾ (52) ⁽⁶⁾ 47 ⁽⁷⁾ (48) ⁽⁷⁾ | 387 ⁽⁶⁾ 327 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.16 |  | R1 o B3 | 5 | $1/(0,78+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,36+R_{AT})^{(7)}$ | 54 ⁽⁶⁾ (55) ⁽⁶⁾ 50 ⁽⁷⁾ (51) ⁽⁷⁾ | 51 ⁽⁶⁾ (52) ⁽⁶⁾ 47 ⁽⁷⁾ (48) ⁽⁷⁾ | 387 ⁽⁶⁾ 327 ⁽⁷⁾ |
| F 6.17 |  | R1 | 4 | $1/(0,55+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,48+R_{AT})^{(7)}$ | 54 ⁽⁶⁾ (55) ⁽⁶⁾ 50 ⁽⁷⁾ (51) ⁽⁷⁾ | 51 ⁽⁶⁾ (52) ⁽⁶⁾ 47 ⁽⁷⁾ (48) ⁽⁷⁾ | 449 ⁽⁶⁾ 366 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.18 |  | R1 o B3 | 5 | $1/(0,72+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,65+R_{AT})^{(7)}$ | 54 ⁽⁶⁾ (55) ⁽⁶⁾ 50 ⁽⁷⁾ (51) ⁽⁷⁾ | 51 ⁽⁶⁾ (52) ⁽⁶⁾ 47 ⁽⁷⁾ (48) ⁽⁷⁾ | 449 ⁽⁶⁾ 366 ⁽⁷⁾ |
| F 6.19 ⁽⁸⁾ |  | R1 | 4 | $1/(0,49+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,07+R_{AT})^{(7)}$ | 56 ⁽⁶⁾ (57) ⁽⁶⁾ 53 ⁽⁷⁾ (54) ⁽⁷⁾ | 51 ⁽⁶⁾ (52) ⁽⁶⁾ 48 ⁽⁷⁾ (49) ⁽⁷⁾ | 324 ⁽⁶⁾ 264 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.20 ⁽⁸⁾ |  | R1 o B3 | 5 | $1/(0,64+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,22+R_{AT})^{(7)}$ | 63 ⁽⁶⁾ (64) ⁽⁶⁾ 60 ⁽⁷⁾ (61) ⁽⁷⁾ | 58 ⁽⁶⁾ (59) ⁽⁶⁾ 55 ⁽⁷⁾ (56) ⁽⁷⁾ | 324 ⁽⁶⁾ 264 ⁽⁷⁾ |
| F 6.29 |  | R1 | 3 | $1/(0,41+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,96+R_{AT})^{(7)}$ | 49 (50) ⁽⁶⁾ 47 (48) ⁽⁷⁾ | 46 (47) ⁽⁶⁾ 44 (45) ⁽⁷⁾ | 348 ⁽⁶⁾ 304 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |

| Código CTE <small>LIBRO TÉCNICO DE LA ESPESORADA</small> | Descripción Sección (mm) | Datos de entrada | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽²⁾ | HR ^{(3) (4)} | | |
|---|--------------------------|------------------|-------------------|--|--|--|--|
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A ⁽⁵⁾ (dBA) | R _{At} ⁽⁵⁾ (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 6.30 | | R1 | 4 | $1/(0,58+R_{AT})^{(6)}$ $1/(1,13+R_{AT})^{(7)}$ | 49 (50) ⁽⁶⁾ 47 (48) ⁽⁷⁾ | 46 (47) ⁽⁶⁾ 44 (45) ⁽⁷⁾ | 348 ⁽⁶⁾ 304 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.31 ⁽⁸⁾ | | R1 | 3 | $1/(0,35+R_{AT})^{(6)}$ $1/(0,55+R_{AT})^{(7)}$ | 51 (52) ⁽⁶⁾ 50 (51) ⁽⁷⁾ | 46 (47) ⁽⁶⁾ 45 (46) ⁽⁷⁾ | 223 ⁽⁶⁾ 202 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |
| F 6.32 ⁽⁸⁾ | | R1 | 4 | $1/(0,50+R_{AT})^{(6)}$ $1/(0,70+R_{AT})^{(7)}$ | 58 (59) ⁽⁶⁾ 57 (58) ⁽⁷⁾ | 53 (54) ⁽⁶⁾ 52 (53) ⁽⁷⁾ | 223 ⁽⁶⁾ 202 ⁽⁷⁾ |
| | | R2 o B3 | 5 | | | | |

- (1) Cuando el aislante sea hidrófilo el G1 disminuye un grado, excepto cuando se cumplan las condiciones R3 o B3, o cuando la fachada tenga cámara o separación y se cumpla la condición R2. Conviene aclarar que las soluciones de una hoja de ½ pie siempre deben llevar aislante no hidrófilo, por lo que no se dará esta circunstancia.
- (2) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{Rsi} se calculará según la siguiente expresión: $f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$
- (3) Valores de R_A y R_{At} válidos para fachadas en las que indistintamente se dispongan o no bandas elásticas en la base de la hoja interior.
- (4) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m , R_A y R_{At} ; el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo que figura **entre corchetes**, es un valor medio.
Los valores de R_A y R_{At} se aplican indistintamente a fachadas con hoja interior de ladrillo hueco, como de ladrillo de gran formato. Los valores de m (mínimo y medio) indicados en la tabla corresponden a fachadas cuya hoja interior es de ladrillo hueco doble. Para hallar la m de una fachada con hoja interior de ladrillo de gran formato se restarán 15 kg/m² al valor indicado.
En el caso de hoja principal de ladrillo cerámico, los valores de m , R_A y R_{At} son aplicables sólo en el caso de que la hoja principal sea de ladrillo perforado o macizo.
- (5) El valor entre paréntesis indica el índice de reducción acústica, R_A y R_{At} , en el caso de que el aplacado sea pegado. En el resto de valores se aplican a fábricas en las que el aplacado está fijado mecánicamente.
- (6) Valores de U , m , R_A y R_{At} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón convencional o de áridos densos.
- (7) Valores de U , m , R_A y R_{At} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón de áridos ligeros.
- (8) En el caso de las fachadas con hoja interior de placas de yeso laminado, los valores de R_A y R_{At} son válidos si disponen de lana mineral o un material absorbente acústico poroso con una resistividad al flujo del aire, $r \geq 5 \text{ kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ en la cámara.
- (9) Valores válidos para bloques de picón de 25 cm de espesor con dos o tres cámaras.
- (10) De acuerdo con lo especificado en el DB HS 1, se consideran cámaras no ventiladas todas las cámaras con un área de ventilación efectiva menor que 120 cm² por cada 10 m² de fachada entre forjados, es decir, si tomamos una altura entre forjados de 3m, equivalente a una superficie de aberturas de 3600 mm².
Cuando una fachada disponga de una cámara con un área de ventilación efectiva comprendida entre $500 \text{ mm}^2 \leq A_{\text{efectiva}} \leq 1500 \text{ mm}^2$.
HE para obtener U : Debe restarse 0,09 al denominador indicado en las tablas. Por ejemplo: $1/(0,52+R_{AT} - 0,09)$
HR Para obtener R_A y R_{At} : debe restarse 1 dB al valor de R_A y de R_{At} expresado en la tabla.
Cuando la fachada disponga de una cámara con un área de ventilación efectiva comprendida entre $1500 \text{ mm}^2 \leq A_{\text{efectiva}} \leq 3600 \text{ mm}^2$, debe procederse de la siguiente manera:
HE para obtener U : Se tomarán los siguientes valores de U , en función de la hoja interior de la fachada:
- | Hoja interior de la fachada | U (W/m ² K) |
|---|------------------------|
| Bloque de hormigón de áridos densos BH AD | $1/(0,39+R_{AT})$ |
| Bloque de hormigón áridos ligeros BH AL | $1/(0,74+R_{AT})$ |
- HR** Para obtener R_A y R_{At} : Debe restarse 2dB al valor del R_A y de R_{At} expresado en la tabla.
- (11) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo UNE 41170:1989EX debe ser como máximo 0,32 g/cm³.
- (12) Valores de R_A y R_{At} válidos para una densidad del material de 1.800 kg/m³ y 1.500 kg/m³. Entre corchetes figura el valor de m correspondiente a una densidad del material de 1.500 kg/m³.

4.2.7 Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el interior

| FACHADA Hoja principal de fábrica de bloque con revestimiento discontinuo CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA Aislamiento por el interior | | | | | | | |
|---|--------------------------|------------------|-------------------|--|--|--|--|
| RE Revestimiento exterior discontinuo HP Hoja principal LC Fábrica de ladrillo cerámico (perforado o macizo, cuando el RE se fije mecánicamente) BH fábrica de bloque de hormigón ⁽⁸⁾ de áridos densos LHO Fábrica de ladrillo perforado de hormigón ⁽⁸⁾ de áridos densos C Cámara de aire no ventilada ⁽⁹⁾ AT aislante no hidrófilo HI hoja interior BH fábrica de bloque de hormigón de áridos densos LH fábrica de ladrillo hueco T tablero o panel impermeable YL placa de yeso laminado RM revestimiento intermedio (opcional) RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alcatado | | | | | | | |
| Código <small>CTE CONSEJO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN</small> | Descripción Sección (mm) | Datos de entrada | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽²⁾ | HR | | |
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{ATV} (dBA) | m ⁽³⁾ (kg/m ²) |
| F 7.5 | <p>RE BH C AT LH RI</p> | - | 5 | $1/(0,45+R_{AT})^{(4)(5)}$ | 46 ⁽⁴⁾ 44 ⁽⁵⁾ | 43 ⁽⁴⁾ 41 ⁽⁵⁾ | 291 ⁽⁴⁾ 263 ⁽⁵⁾ |
| F 7.6 | <p>RE BH C AT BH RI</p> | - | 5 | $1/(0,39+R_{AT})^{(4)}$ $1/(0,74+R_{AT})^{(5)}$ | 46 ⁽⁴⁾ 44 ⁽⁵⁾ | 43 ⁽⁴⁾ 41 ⁽⁵⁾ | 353 ⁽⁴⁾ 302 ⁽⁵⁾ |
| F 7.7 ⁽⁷⁾ | <p>RE BH C TAT YL</p> | - | 5 | $1/(0,36+R_{AT})^{(4)(5)}$ | 55 ⁽⁴⁾ 53 ⁽⁵⁾ | 50 ⁽⁴⁾ 48 ⁽⁵⁾ | 228 ⁽⁴⁾ 200 ⁽⁵⁾ |
| F 7.8 | <p>RE C BH AT LH RI</p> | R2 o B3 | 5 | $1/(0,64+R_{AT})^{(4)}$ $1/(1,13+R_{AT})^{(5)}$ | 49 ⁽⁴⁾ 47 ⁽⁵⁾ | 46 ⁽⁴⁾ 44 ⁽⁵⁾ | 291 ⁽⁴⁾ 263 ⁽⁵⁾ |
| F 7.9 | <p>RE C BH AT BH RI</p> | R2 o B3 | 5 | $1/(0,58+R_{AT})^{(4)}$ $1/(1,42+R_{AT})^{(5)}$ | 49 ⁽⁴⁾ 47 ⁽⁵⁾ | 46 ⁽⁴⁾ 44 ⁽⁵⁾ | 353 ⁽⁴⁾ 302 ⁽⁵⁾ |

| Código CTE <small>CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN</small> | Descripción Sección (mm) | Datos de entrada | HS ⁽¹⁾ | HE ⁽²⁾ | HR | | |
|---|--|------------------|-------------------|--|--|--|--|
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{Atr} (dBA) | m ⁽³⁾ (kg/m ²) |
| F 7.10 ⁽⁷⁾ | RE C BH AT YL  | R2 o B3 | 5 | $1/(0,51+R_{AT})^{(4)}$ $1/(1,00+R_{AT})^{(5)}$ | 51 ⁽⁴⁾ 50 ⁽⁵⁾ | 46 ⁽⁴⁾ 45 ⁽⁵⁾ | 228 ⁽⁴⁾ 200 ⁽⁵⁾ |
| F 7.13 | RE LHO C AT BH RI  | - | 5 | $1/(0,39+R_{AT})^{(4)}$ $1/(0,74+R_{AT})^{(5)}$ | 46 ⁽⁴⁾ 44 ⁽⁵⁾ | 43 ⁽⁴⁾ 41 ⁽⁵⁾ | 348 ⁽⁴⁾ 304 ⁽⁵⁾ |
| F 7.14 ⁽⁷⁾ | RE LHO C AT YL  | - | 5 | $1/(0,36+R_{AT})^{(4)(5)}$ | 55 ⁽⁴⁾ 54 ⁽⁵⁾ | 50 ⁽⁴⁾ 49 ⁽⁵⁾ | 223 ⁽⁴⁾ 202 ⁽⁵⁾ |
| F 7.15 | RE C LHO AT BH RI  | R2 o B3 | 5 | $1/(0,50+R_{AT})^{(4)}$ $1/(1,05+R_{AT})^{(5)}$ | 47 ⁽⁴⁾ 45 ⁽⁵⁾ | 44 ⁽⁴⁾ 42 ⁽⁵⁾ | 321 ⁽⁴⁾ 277 ⁽⁵⁾ |
| F 7.16 ⁽⁷⁾ | RE C LHO AT YL  | R2 o B3 | 5 | $1/(0,43+R_{AT})^{(4)}$ $1/(0,63+R_{AT})^{(5)}$ | 47 ⁽⁴⁾ 46 ⁽⁵⁾ | 44 ⁽⁴⁾ 43 ⁽⁵⁾ | 196 ⁽⁴⁾ 175 ⁽⁵⁾ |

- (1) Cuando el aislante sea hidrófilo y se cumpla la condición R2, el GI disminuye un grado. Conviene aclarar que las soluciones de una sola hoja de ½ pie siempre deben llevar aislante no hidrófilo, por lo que no se dará esta circunstancia.
- (2) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{rsi} se calculará según la siguiente expresión: f_{rsi} = 1 - U · 0,25
- (3) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m, de R_A y de R_{Atr}; el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio.
- (4) Los valores de R_A y R_{Atr} son válidos para fachadas en las que indistintamente se dispongan o no bandas elásticas en la base de la hoja interior.
- (5) Los valores de R_A y R_{Atr} se aplican indistintamente a fachadas con hoja interior de ladrillo hueco, como de ladrillo de gran formato.
- (6) Los valores de m (mínimo y medio) indicados en la tabla corresponden a fachadas cuya hoja interior es de ladrillo hueco doble. Para hallar la m de una fachada con hoja interior de ladrillo de gran formato se restarán 15 kg/m² al valor indicado.
- (7) En el caso de hoja principal de ladrillo cerámico, los valores de m, de R_A y de R_{Atr} son aplicables sólo en el caso de que la hoja principal sea de ladrillo perforado o macizo.
- (8) Valores de U, m, RA y RAtr para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón convencional o de áridos densos.
- (9) Valores de U, m, RA y RAtr para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón de áridos ligeros.
- (10) Valores válidos para bloques de picón de 25 cm de espesor con dos o tres cámaras.
- (11) En el caso de las fachadas con hoja interior de placas de yeso laminado, los valores de RA y RAtr son válidos si disponen de lana mineral o un material absorbente acústico poroso con una resistividad al flujo del aire, r ≥ 5 kPa.s/m² en la cámara.
- (12) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE 41170:1989EX debe ser como máximo 0,32 g/cm³.
- (13) Según se establece en el DB HS 1, una cámara de aire ventilada tiene un espesor ≥ 3 cm y ≤ 10 cm, un sistema de recogida y evacuación del agua y aberturas de ventilación con una anchura > 5 mm repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior de un paño entre forjados.
- (14) El área de ventilación efectiva será ≥ 120 cm² por cada 10 m² de fachada entre forjados.
- (15) Valores de RA y RAtr válidos para una densidad del material de 1.800 kg/m³ y 1.500 kg/m³. Entre corchetes figura el valor de m correspondiente a una densidad del material de 1.500 kg/m³.

4.2.8. Fábrica con revestimiento discontinuo, con cámara de aire ventilada, aislamiento por el exterior

| FACHADA Hoja principal de fábrica de bloque con revestimiento discontinuo CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA Aislamiento por el exterior | | | | | | | |
|--|--------------------------|------------------|----|--|--|--|--|
| RE Revestimiento exterior discontinuo C Cámara de aire no ventilada ⁽⁷⁾ AT aislante no hidrófilo HP Hoja principal LC Fábrica de ladrillo cerámico BH fábrica de bloque de hormigón ⁽⁶⁾ de áridos densos LHO Fábrica de ladrillo perforado de hormigón ⁽⁶⁾ de áridos densos RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado | | | | | | | |
| Código CTE CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN | Descripción Sección (mm) | Datos de entrada | HS | HE ⁽¹⁾ | HR ⁽²⁾ | | |
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{AtR} (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 8.2 | | R2 | 4 | $1/(0,48+R_{AT})^{(3)}$ $1/(0,97+R_{AT})^{(4)}$ | 44 ⁽³⁾ 41 ⁽⁴⁾ | 41 ⁽³⁾ 38 ⁽⁴⁾ | 205 ⁽³⁾ 177 ⁽⁴⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |
| F 8.4 | | R2 | 4 | $1/(0,40+R_{AT})^{(3)}$ $1/(0,60+R_{AT})^{(4)}$ | 44 ⁽³⁾ 42 ⁽⁴⁾ | 41 ⁽³⁾ 39 ⁽⁴⁾ | 200 ⁽³⁾ 179 ⁽⁴⁾ |
| | | R3 o B3 | 5 | | | | |

(1) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{Rsi} se calculará según la siguiente expresión: $f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$

(2) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m, de R_A y de R_{AtR} ; el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio.
En el caso de hoja principal cerámico, los valores de m, de R_A y de R_{AtR} son aplicables sólo en el caso de que la hoja principal sea de ladrillo perforado o macizo.

(3) Valores de U, m, R_A y R_{AtR} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón convencional o de áridos densos.

(4) Valores de U, m, R_A y R_{AtR} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón de áridos ligeros.

(5) Valores válidos para bloques de picón de 25 cm de espesor con dos o tres cámaras.

(6) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE 41170:1989EX debe ser como máximo 0,32 g/cm³.

(7) Según se establece en el DB HS 1, una cámara de aire ventilada tiene un espesor ≥ 3 cm y ≤ 10 cm, un sistema de recogida y evacuación del agua y aberturas de ventilación con una anchura > 5 mm repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior de un paño entre forjados. El área de ventilación efectiva será ≥ 120 cm² por cada 10 m² de fachada entre forjados.

(8) Valores de R_A y R_{AtR} válidos para una densidad del material de 1.800 kg/m³ y 1.500 kg/m³. Entre corchetes figura el valor de m correspondiente a una densidad del material de 1.500 kg/m³.

4.2.9. Fábrica sin aislamiento

| FACHADA Hoja principal de fábrica de bloque con revestimiento continuo SIN CÁMARA DE AIRE Sin aislamiento | | | | | | | |
|---|-----------------------------|------------------|----|--|--|--|--|
| RE Revestimiento exterior continuo HP Hoja principal BH fábrica de bloque de hormigón ⁽⁵⁾ de áridos densos RI revestimiento interior formado por un enlucido, un enfoscado o un alicatado | | | | | | | |
| Código CTE <small>CONSEJO TÉCNICO DE LA ESPALDÓN</small> | Descripción Sección (mm) | Datos de entrada | HS | HE ⁽¹⁾ | HR ⁽²⁾ | | |
| | | RE | GI | U (W/m ² K) | R _A (dBA) | R _{Atr} (dBA) | m (kg/m ²) |
| F 9.2 | | R1 | 3 | 0,46 ⁽³⁾ 1,15 ⁽⁴⁾ | 53 ⁽³⁾ 46 ⁽⁴⁾ | 50 ⁽³⁾ 43 ⁽⁴⁾ | 318 ⁽³⁾ 202 ⁽⁴⁾ |
| | | R3 | 5 | | | | |

(1) El factor de temperatura de la superficie interior, f_{int} se calculará según la siguiente expresión: $f_{\text{int}} = 1 - U \cdot 0,25$

(2) En el caso de elementos de fábrica de ladrillo aparecen dos valores de m , de R_A y de R_{Atr} ; el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio.

(3) En el caso de hoja principal cerámico, los valores de m , de R_A y de R_{Atr} son aplicables sólo en el caso de que la hoja principal sea de ladrillo perforado o macizo.

(4) Valores de U , m , R_A y R_{Atr} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón convencional o de áridos densos.

(5) Valores de U , m , R_A y R_{Atr} para fábricas de bloque o ladrillo de hormigón de áridos ligeros.

(6) Cuando la hoja principal sea de bloque o ladrillo de hormigón, salvo cuando sea curado en autoclave, el valor de la absorción de los bloques o ladrillos medido según el ensayo de UNE 41170:1989EX debe ser como máximo 0,32 g/cm³.

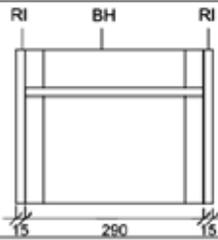
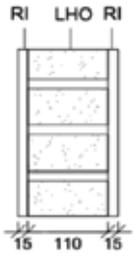
PARTICIÓN INTERIOR/MEDIANERÍA

4.4 Particiones interiores verticales y medianerías

4.4.1 De fábrica u hormigón con apoyo directo. Con o sin trasdosados. Tipo 1

4.4.1.1 Elemento base de una hoja

| PARTICIÓN INTERIOR VERTICAL /MEDIANERÍA DE FÁBRICA Una hoja | | | | | |
|---|--------------------------|-----------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| HF Hoja de fábrica | | | | | |
| BH AD bloque de hormigón de áridos densos ⁽²⁾ | | | | | |
| LHO AD-P ladrillo de hormigón de áridos densos ⁽²⁾ perforado | | | | | |
| LHO AD-M ladrillo de hormigón de áridos densos ⁽²⁾ macizo | | | | | |
| RI revestimiento interior formado (guarnecido o enlucido) | | | | | |
| Código CTE <small>COMISIÓN TÉCNICA DE LA EDIFICACIÓN</small> | Descripción Sección (mm) | Hoja de fábrica | HE ⁽⁷⁾ | HR ⁽⁸⁾ | |
| | | HF | R (m ² K/W) | R _A (dBA) | m (kg/m ²) |
| P 1.11 | | BH AD | 0,15 | 41 | 151 |
| P 1.12 | | BH AD | 0,24 | 45 | 198 |
| P 1.14 | | BH AD | 0,27 | 48 | 239 |
| P 1.15 | | BH AD | 0,30 | 52 | 294 |

| Código CTE <small>CONSEJO TÉCNICO DE LA ESPAÑA</small> | Sección (mm) | Hoja de fábrica | HE ⁽⁷⁾ | HR ⁽⁸⁾ | |
|---|---|--------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | | HF | R (m ² K/W) | R _A (dBA) | m (kg/m ²) |
| P 1.16 |  | BH AD | 0,31 | 55 | 350 |
| P 1.17 |  | LHO AD-P | 0,16 | 44 | 180 |
| | | LHO AD-M | 0,12 | 48 | 228 |

(1) Los valores expresados en la tabla para las particiones de ladrillo hueco de gran formato son aplicables a los paneles prefabricados de cerámica y yeso.

(2) Piezas de hormigón convencional o bloques de áridos densos con una densidad seca absoluta del material comprendida entre 1700 y 2400 kg/m³.

(3) Bloques de hormigón con áridos ligeros con un porcentaje de huecos comprendido entre un 25% y un 50% y una densidad seca absoluta del material de 1500 kg/m³.

(4) Bloques de hormigón con áridos ligeros con un porcentaje de huecos menor que el 25% y una densidad seca absoluta del material comprendida entre 1000 y 1200 kg/m³.

(5) Los ladrillos de hormigón de áridos ligeros tienen al menos un 20% en volumen de áridos ligeros y una densidad seca absoluta del material comprendida entre 1700 y 2400 kg/m³.

(6) La densidad del hormigón de áridos ligeros es 1800 kg/m³.

(7) Los valores de R expresados en la tabla no incluyen las resistencias térmicas superficiales. Para obtener la resistencia térmica de la solución, sería necesario sumar 0,26 m²K/K al valor expresado en la tabla.

(8) Los valores de m corresponden a la masa por unidad de superficie de la fábrica con sus enlucidos por ambas caras. Para obtener el valor de m de particiones sin enlucir, deben restarse 30 kg/m² al valor expresado en la tabla. Los valores de RA que figura en la tabla se aplican a particiones enlucidas por ambas caras. Para obtener el valor de RA de particiones sin enlucir, deben restarse 2 dB al valor expresado en la tabla. Cuando figuran dos valores de m y RA, el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio que tiene en cuenta la amplitud de los productos existentes en el mercado.

(9) Los valores de RA que figuran en la tabla se aplican también a particiones con bandas elásticas dispuestas en su perímetro.

(10) Valores válidos sólo para fábrica de bloques de hormigón macizos de áridos ligeros con un porcentaje de huecos menor que el 15% y una densidad seca absoluta del material de 1700 kg/m³.

(11) Valores válidos para bloques de picón de 25 cm de espesor con dos o tres cámaras.

(12) Valores de RA y m válidos para muros de hormigón visto. Para muros de hormigón con un enlucido de 15 mm por ambas caras, se incrementará su m en 15 kg/m². En el caso de los muros de hormigón con áridos ligeros, se incrementará el RA en 1 dBA.

(13) Valores válidos para una densidad del material de 1800 kg/m³. Entre corchetes figuran valores correspondientes a una densidad del material de 1.500 kg/m³.

4.4.1.2 Elemento base de dos hojas

| PARTICIÓN INTERIOR VERTICAL /MEDIANERÍA DE FÁBRICA Dos hojas | | | | | |
|---|--------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| RI revestimiento interior (guarnecido o enlucido) | | | | | |
| HF Hoja de fábrica | | | | | |
| BH AD bloque de hormigón de áridos densos ⁽¹⁾ | | | | | |
| LHO AD-P ladrillo de hormigón de áridos densos ⁽¹⁾ perforado | | | | | |
| LHO AD-M ladrillo de hormigón de áridos densos ⁽¹⁾ macizo | | | | | |
| AT aislante: lana mineral ⁽⁴⁾ | | | | | |
| RI revestimiento interior formado (guarnecido o enlucido) | | | | | |
| Código CTE ESPANOL TECNICO DE LA EDIFICACION | Sección (mm) | Hojas de fábrica | HE ⁽⁵⁾ | HR ⁽⁶⁾ | |
| | | HF | R (m ² K/W) | R _A (dBA) | m (kg/m ²) |
| P 2.5 ⁽⁷⁾ | | BH AD | 0,25+ R _{AT} | 47 | 272 |
| | | LHO AD-P | 0,27 + R _{AT} | 48 | 329 |
| P 2.6 ⁽⁷⁾ | | LHO AD-M | 0,19 + R _{AT} | 50 | 426 |

- (1) Piezas de hormigón convencional o bloques de áridos densos con una densidad seca absoluta del material comprendida entre 1700 y 2400 kg/m³.
- (2) Bloques de hormigón con áridos ligeros con un porcentaje de huecos comprendido entre un 25% y un 50% y una densidad seca absoluta del material de 1500 kg/m³.
- (3) Los ladrillos de hormigón de áridos ligeros tienen al menos un 20% en volumen de áridos ligeros y una densidad seca absoluta del material comprendida entre 1700 y 2400 kg/m³.
- (4) Valores de RA válidos para particiones en las que la cámara está rellena de lana mineral o de otro material absorbente acústico de resistividad al flujo del aire, r, r ≥ 5 kPa.s/m².
- (5) Los valores de R expresados en la tabla no incluyen las resistencias térmicas superficiales. Para obtener la resistencia térmica de la solución sería necesario sumar 0,26 m²K/W al valor expresado en la tabla.
- (6) Cuando figuran dos valores de m y RA, el primero de ellos es un valor mínimo y el segundo, que figura entre corchetes, es un valor medio que tiene en cuenta la amplitud de los productos existentes en el mercado.
- (7) Soluciones de particiones poco eficaces desde el punto de vista del aislamiento acústico.

BIBLIOGRAFÍA

NORMATIVA

CTE SE-F. Código Técnico de la Edificación. Seguridad Estructural – Fábricas. Ministerio de la Vivienda.

CTE SI. Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de Incendio. Ministerio de la Vivienda.

Catálogo de elementos constructivos del Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda.

RB-90. Pliego de condiciones técnicas generales para la recepción de bloques de hormigón en las obras de construcción. MOPU. Madrid.

UNE-EN 1996-1-1. Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica. Parte 1-1: Reglas generales para estructuras de fábrica armada y sin armar fábrica y fábrica armada. Ed. AENOR.

UNE-EN 1996-1-2. Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego. Ed. AENOR.

UNE-EN 1996-2. Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica. Parte 2: Consideraciones de proyecto, selección de materiales y ejecución de la fábrica. Ed. AENOR.

UNE- EN1996-3. Eurocódigo 6: Métodos de cálculo simplificados. Ed. AENOR.

UNE-EN 771-3. Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 3: Bloques de hormigón (áridos densos y ligeros). Ed. AENOR.

UNE 127771-3. Complemento nacional a la Norma UNE-EN 771-3.

UNE-EN 771-4. Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 4: Bloques de hormigón celular curado en autoclave. AENOR.

UNE-EN 772-1. Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión. AENOR.

UNE-EN 772-2. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 2: Determinación del porcentaje de superficie de huecos en piezas de hormigón para fábrica de albañilería (por impresión sobre papel). AENOR.

UNE-EN 772-10. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 10: determinación del contenido en humedad de piezas silicocalcáreas y de hormigón celular curado en autoclave. AENOR.

UNE-EN 772-11. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 11: determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería. En hormigón, piedra natural y artificial, y de la tasa de absorción de agua inicial de las piezas de arcilla cocida para fábrica de albañilería. AENOR.

UNE-EN 772-13. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Determinación de la densidad absoluta seca y de la densidad aparente seca de piezas para fábrica de albañilería. (Excepto piedra natural). AENOR, 2001.

UNE-EN 772-15. Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 15: Determinación de la permeabilidad al vapor de agua de los bloques de hormigón celular curado en autoclave. AENOR.

UNE-EN 772-16. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: determinación de las dimensiones. AENOR.

UNE-EN 772-20. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 20: determinación de la planeidad de las caras de piezas para fábrica de albañilería de hormigón, piedra artificial y piedra natural. AENOR.

UNE 41167 EX. Bloques de hormigón. Método de ensayo para la medición de las dimensiones y comprobación de la forma. AENOR.

UNE 41168 EX. Bloques de hormigón. Método de ensayo para determinar la sección bruta, sección neta e índice de macizo. AENOR.

UNE 41169 EX. Bloques de hormigón. Método de ensayo para determinar la densidad real del hormigón. AENOR,

UNE 41170 EX. Bloque de hormigón. Método de ensayo para determinar la absorción de agua. AENOR.

UNE-EN 845-1. Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 1: Tirantes, fleje de tensión, abrazaderas y escuadras. AENOR.

UNE-EN 845-2. Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 2: Dinteles. AENOR.

UNE-EN 845-3. Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 3: Refuerzo de junta horizontal de malla de acero. AENOR.

UNE-EN 845-4. Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 4: Costillas de refuerzo. AENOR.

UNE-EN 1052-1. Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 1: determinación de la resistencia a compresión. AENOR.

UNE-EN 1052-2. Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 2: determinación de la resistencia a la flexión. AENOR.

UNE-EN 1052-4. Métodos de ensayo para fábrica de albañilería. Parte 4: determinación de la resistencia al cizallamiento incluyendo la barrera al agua por capilaridad. AENOR.

NTE-EFB. Estructuras. Fábricas de Bloque. M.O.P.U.

NTE-FFB. Fachadas. Fábrica de Bloques. M.O.P.U.

PUBLICACIONES Y ARTÍCULOS

Adell, J.M^a / Lahuerta, J.A. "Manual Murfor: La fábrica armada". Ed. Bekaert, 1992.

Adell, J.M^a. "La Fábrica Armada". Ed. Munilla-Lería. Madrid, 2000.

Adell, J.M^a "Manual AllWall: El Sistema de Albañilería Integral". AllWall Systems, 2006.

Álvarez, M.A. "Recomendaciones para la fabricación, puesta en obra y conservación de bloques prefabricados de hormigón". Monografías del I.E.T.C.C. Madrid, 1991.

Asociación Nacional de Fabricantes de Bloques y Mampostería de Hormigón. "Código de buena práctica para la ejecución de fábricas con bloques y mampostería de hormigón". Ed. Normabloc. Madrid, 2007.

Asociación Nacional de Fabricantes de Bloques y Mampostería de Hormigón. "Manual técnico Normabloc". Ed. Normabloc. Madrid, 2007.

Bernstein, D. / Champetier, J.P. / Peiffer, F. "Nuevas técnicas en la obra de fábrica: El muro de dos hojas en la arquitectura de hoy". Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1985.

Corres, H. / Sánchez, M. / Rodríguez, L.F. / Vaquero, J.J. "Manual para el proyecto y construcción de estructuras con bloques de hormigón". Ed. IECA. Madrid, 1997.

Dalzell, JR. "Construcción con bloques de hormigón". Ed. Reverte, 1962.

Deplazes, A. "Construir la arquitectura. Del material en bruto al edificio. Un manual". Ed. Gustavo Gili, 2015.

Galvan Llopis, V. "Consideraciones generales sobre el diseño y construcción de fábricas de bloques". Jornadas U.P.V., 1985.

García Carrillo, P. "Desarrollo de un sistema para la integración de las instalaciones eléctricas en la fábrica vista de bloque de hormigón". Tesis doctoral Universidad de A Coruña, 2015.

Gesto de Dios, R. "Resistencia a compresión de las fábricas de bloques de hormigón". Normabloc, 2009.

Llorens, J. & Soldevila, A. "Construcció amb bloc de formigó". Ed. UPC. Barcelona, 1997.

Luzón Cánovas, J.M. "Estabilidad estática de los cerramientos de fachadas de fábrica." Cuadernos INTEMAC Nº 8. Ed. INTEMAC, 1992.

Mas, A. [et al.]. "Fábrica de bloques de hormigón". Ed. UPV. Valencia, 1996.

Panarese, W.C. / Kosmatka, S.H. / Randall Jr., F.A. "Concrete masonry handbook for Architects, Engineers, Builders". Ed. Portland Cement Association, 1991.

Roberts, J. / Tovey, A. / Fried. A. "Concrete Masonry designer's handbook". Ed. Spon Press, 2001.

Roces Arbesu, C. "El bloque de hormigón: su aplicación en muros y cerramientos". Monografías nº3. Ed. Universidad da Coruña. La Coruña, 1991.

Rodríguez Martín, Luis F. "Estructuras de fábrica de bloques. Fundación Escuela de la Edificación". Madrid, 1986.

AA.VV. "Information series from the national authority on concrete masonry technology". National Concrete Masonry Association, 2008.

"Análisis de paramentos de diseño de bloques de hormigón respecto a su comportamiento térmico". Revista Cemento Hormigón, 2007.

"Bloques y ladrillos de hormigón: resistencia a compresión de las piezas". Revista Cemento Hormigón, 2014.

INTERNET

Azar block. <http://www.azarblock.com>. 2008.

Diverhome Ductilblock. <http://www.diverhome.com>. 2008.

Astra Glaze. <http://www.trenwyth.com>. 2008.

SpectraGalze. <http://www.spectraglaze.com>. 2008.

Westbrook. <http://www.westbrookblock.com>. 2008.

Concrete Block Insulating Systems (CBIS). <http://www.cbisinc.com>. 2008.

Proudfoot. <http://www.noisemaster.thomaswebs.net>. 2008.

Anchorblock. <http://www.anchorblock.com>. 2008.

NormaBloc <http://www.normabloc.org>. 2009.

Oficina Europea de Patentes <http://www.espacenet.com>. 2008-2014.

Armadura prefabricada en la ejecución de cerramientos de bloque y ladrillo de hormigón. Canal Youtube de Normabloc.

Pº. de La Castellana, 226 . 28046 MADRID . ESPAÑA . Tel.: +34 91 323 82 75

normabloc@normabloc.org www.normabloc.org

