



MUROS DE BLOQUES Y LADRILLOS DE HORMIGÓN

Versión 1 – julio 2019

1. INTRODUCCIÓN	4
2. TIPOLOGÍAS Y CLASIFICACIONES	7
2.1. Principios generales	7
2.2. Bloques.....	9
2.3. Ladrillos	16
2.4. Algunas consideraciones de diseño	17
2.5. Algunas consideraciones de fabricación.....	17
2.6. Algunas consideraciones de puesta en obra	18
2.7. Ventajas.....	19
3. DISEÑO ESTRUCTURAL	20
3.1. Tipos estructurales de la obra de fábrica.....	20
3.2. Coordinación modular en el proyecto de fábrica	28
3.3. Juntas en la obra de fábrica	32
3.4. Cálculo estructural.....	35
4. DISEÑO PRESTACIONAL	42
4.1. Principios generales	42
4.2. Eficiencia energética (DB-HE).....	43
4.3. Impermeabilidad (DB-HS).....	48
4.4. Protección frente al ruido (DB-HR).....	48
4.5. Comportamiento frente al fuego (DB-SI)	50
OBRAS Y PROYECTOS DESTACADOS: LADRILLOS DE HORMIGÓN PARA COLEGIO PÚBLICO	
INDIRA GANDHI	52
5. DURABILIDAD DE LAS FÁBRICAS	55
5.1. Control de fisuras.....	55
5.2. Ambiente de exposición.....	56
6. SOSTENIBILIDAD	57
6.1. Generalidades	57
6.2. Declaración ambiental de producto (DAP).....	57
6.3. DAP de elementos ligeros huecos.....	58
6.4. Otras consideraciones.....	62
7. METODOLOGÍA BIM	63
7.1. Conceptos básicos	63
7.2. Estrategia BIM de las empresas de prefabricados	64
7.3. Plataformas de objetos BIM.....	65
7.4. Entrada del prefabricador al proyecto.....	69
BIBLIOGRAFÍA	70

Publicaciones y artículos70
Normativa71

EMPRESAS ASOCIADAS 73

SOCIOS ADHERIDOS 73

1. INTRODUCCIÓN

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.

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” cerámico que tuvo su máximo auge a finales del Siglo XIX. Hasta llegado el Siglo XX con la aparición del hormigón armado, no se abrió paso el bloque de hormigón como elemento de albañilería, capaz de ampliar los campos de aplicación de los materiales tradicionales con un formato de mayores dimensiones, por 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 de entonces, y ligándose más directamente con el tradicional lenguaje de la mampostería de piedra natural, con mucho menor coste.

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.



Figura.- Escuela Infantil 0-3 años, por Javier Barcos y Manuel Enríquez



*Figura.- Vivienda unifamiliar aislada, por Álvaro Tagarro Díaz; Rodrigo de Miguel
Martínez de Tejada*

“El bloque y ladrillo de hormigón: un elemento universal y local”. Alejandro López. Director Técnico de ANDECE. Diario de Burgos, 2018 [\[+\]](#)

2. TIPOLOGÍAS Y CLASIFICACIONES

2.1. Principios generales

Diferenciamos dos elementos básicos en esta categoría: los bloques y los ladrillos, siendo los primeros los de un mayor uso.

La mampostería de hormigón modular, en sus distintos formatos, composición y acabados, es aplicable a todo tipo de muros (tanto portantes como no portantes), incluyendo muros simples, fachadas, medianerías y particiones interiores, paredes exteriores de chimeneas, con cámara de aire, divisiones, muros de contención de tierras y de sótano. Pueden emplearse tanto como revestimiento interior o como expuestos exteriormente en edificios de todo tipo, en cierres de fincas y en aplicaciones de ingeniería civil.



Figuras.- Algunos ejemplos de aplicaciones de bloques y ladrillos de hormigón

Campos de aplicación principales

	Bloques de viviendas
	Viviendas unifamiliares
	Edificación industrial
	Edificios públicos
	Edificios de oficinas
	Edificación comercial
Edificación	Hoteles
	Centros sanitarios
	Recintos deportivos
	Colegios
	Espacios religiosos
	Centros tecnológicos
	Correccionales
Rehabilitación	

Los fabricantes de bloques y ladrillos de hormigón han ido mejorando sus cualidades específicas, en función de determinadas aplicaciones particulares, fabricando tanto piezas pequeñas como grandes con áridos densos o ligeros, con el fin de conseguir materiales ligeros y aislantes capaces de cumplimentar por sí mismos, la [funcionalidad estructural](#), [higrotérmica](#), de [protección frente al fuego](#) y/o [acústica](#), adaptándose a la normativa exigible en cada momento.



2.2. Bloques

2.2.1. Generalidades

El bloque puede definirse como una pieza prefabricada de hormigón de forma sensiblemente ortoédrica, con una relación longitud/anchura inferior a 6, altura/longitud inferior a 1 y sin armadura alguna. El orden habitual para designar las dimensiones es longitud x altura x anchura. Podemos acotar las dimensiones de los bloques más habituales en los siguientes rangos de medidas: longitud (40 - 50 cm), altura (10 - 20 cm) y anchura (10 - 30 cm).

El número de piezas existentes en el mercado es prácticamente ilimitado, teniendo cada fabricante una gama determinada en la que juega con las dimensiones, formas, porcentaje de huecos, acabados, materiales o prestaciones.

La pieza estándar presenta perforaciones en el eje normal al plano de asiento, para reducir el peso de la pieza, aumentar la capacidad de aislamiento térmico y posibilitar, cuando sea necesario, la introducción de armado vertical. Se fabrican también medios bloques y bloques con una y dos caras perpendiculares lisas para comienzos, terminaciones, esquinas y mochetas.

También pueden disponer de relieves o rebajes especiales (por ejemplo, sistemas machihembrados).

Están previstos para que al menos una de las dos caras quede posteriormente vista.

Las piezas también pueden dividirse según el porcentaje de huecos que presenten: macizas ($\leq 25\%$), perforadas ($\leq 50\%$), aligeradas ($\leq 60\%$) o huecas ($\leq 70\%$).

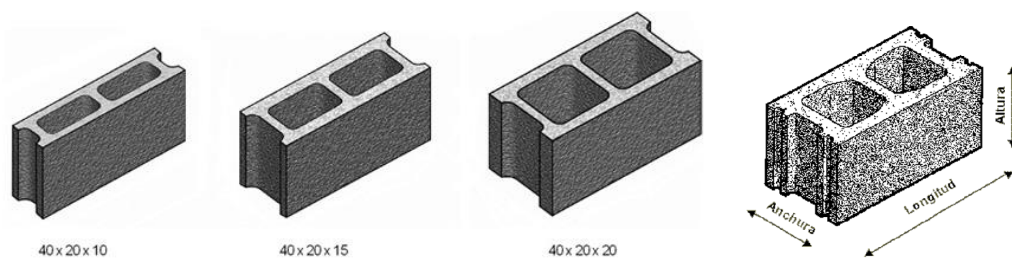


2.2.2. Tipologías

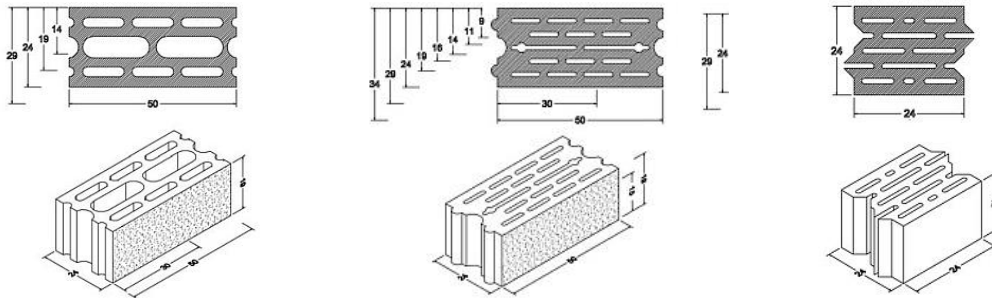
2.2.2.1. Según la densidad

Podemos distinguir entre dos tipos de bloques de hormigón si nos atenemos a los tipos de áridos empleados que determinarán su densidad final:

- Los bloques de áridos densos, son piezas prefabricadas a base de cemento, agua y áridos finos y/o gruesos, naturales y/o artificiales, con o sin adiciones y aditivos, incluidos pigmentos en casos de que se le quiera dotar de un color diferente, sin armadura alguna y con una densidad seca absoluta normalmente comprendidas entre 1.700 kg/m^3 y 2.400 kg/m^3 .



- Los bloques de hormigón de áridos ligeros, son piezas prefabricadas 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, con dimensiones generalmente menores a los bloques de áridos densos y con una densidad seca absoluta inferior a 1.700 kg/m^3 .

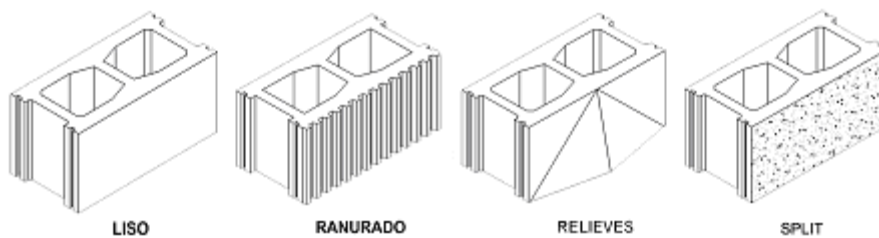


En cuanto a su configuración geométrica, podemos clasificarlos en las siguientes categorías:

2.2.2.2. Según la geometría

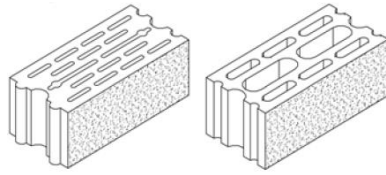
2.2.2.2.1. Bloque hueco

Con distintos tipos de acabado superficial:



2.2.2.2.2. Bloque multicámara

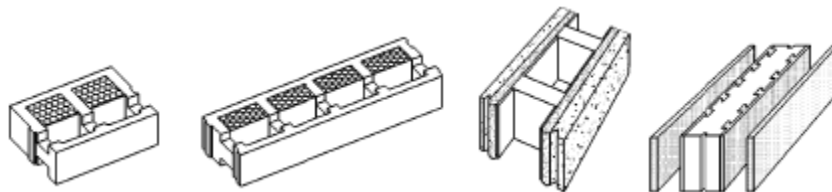
Se emplea normalmente en aplicaciones que requieran una mejora del comportamiento acústico y térmico, aunque se aumente el peso de los elementos.



2.2.2.3. Bloques de encofrado

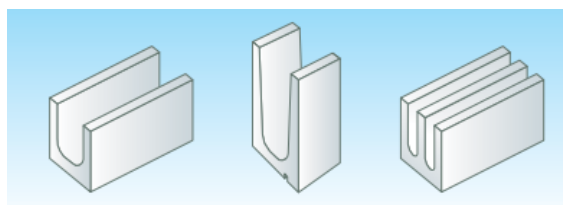
Los bloques de encofrado se utilizan para la realización de muros o tabiques para rellenarse con hormigón o mortero in situ.

Pueden además incorporar aislamiento térmico adicional para mejorar su prestación energética, y el hormigón puede fabricarse con incorporación de virutas de madera en la mezcla para aligerar el peso.

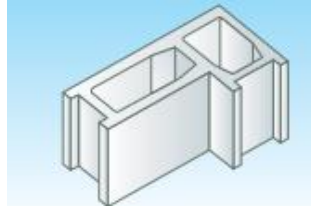


2.2.2.4. Piezas especiales

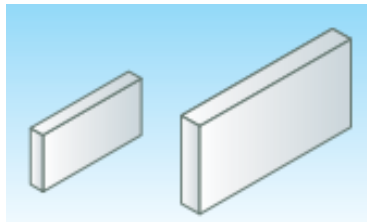
- Piezas de zuncho y dintel: tipo de pieza en forma de canal, simple o doble, destinada a servir de encofrado permanente a un dintel, a una cadena de atado, o a un zuncho de hormigón armado. Exteriormente, la primera de estas piezas no se diferencia de las otras, lo que permite mantener la continuidad del aparejo sin acusar dichos refuerzos. Existen también bloques tipo con los tabiquillos, y las paredes laterales con ranuras verticales de manera que puedan abatirse fácilmente, con el fin de permitir el paso de la armadura del zuncho.



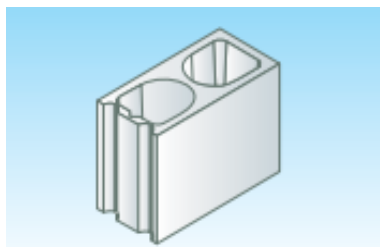
- Pieza de esquina en L: ayuda a resolver uniones en esquina de muros, cuando el espesor de la fábrica es menor o mayor que la mitad de la longitud del bloque.



- Pilastras, sencilla y de enlace: estas piezas pueden servir de encofrado permanente para hormigonar un pilar.
- Plaquetas: sirven para revestir elementos estructurales como cantos de forjado, pilares, etc. También existen piezas de plaqueta en L para aplicaciones en esquinas.



- Pieza universal: pieza de fábrica que tiene al menos una cara con debilitamientos de rotura controlada, para facilitar su apertura por el albañil, sin que ello afecte ni a las características geométricas de la pieza, ni al aparejo visto empleado en la fábrica, que habitualmente se emplea en la fábrica aparejada sin armar, pero que circunstancialmente puede armarse en vertical por acceso lateral a la misma, abriendo el albañil el canal de acceso lateral en obra.



2.2.2.3. 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.

2.2.2.3.1. Bloque coloreado

Una de las primeras modificaciones realizadas sobre el bloque original, fue el coloreado del mismo mediante el mero empleo de colorante/s como aditivo/s del hormigón.

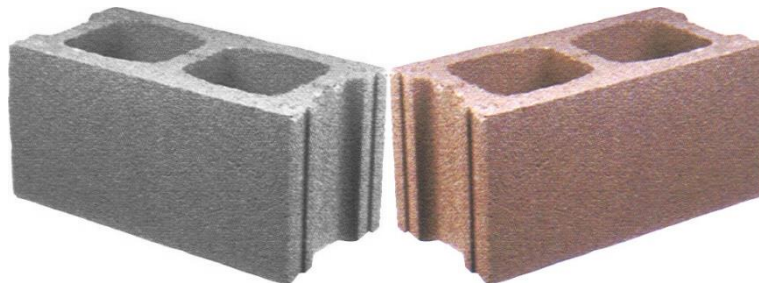


Figura.- Comparativa entre bloque de color natural y bloque coloreado

2.2.2.3.2. Bloque Split

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).

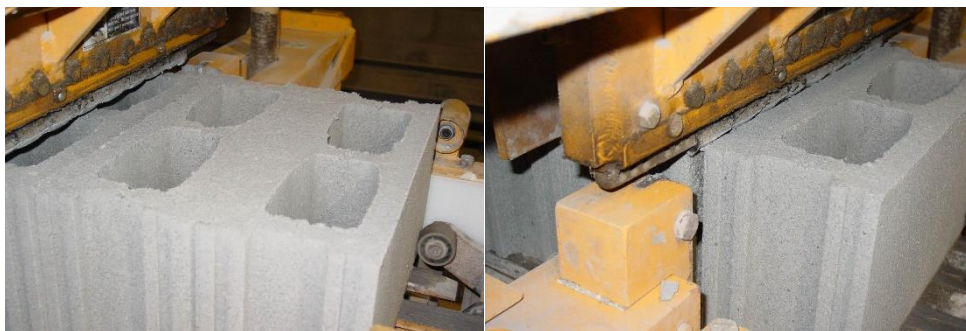


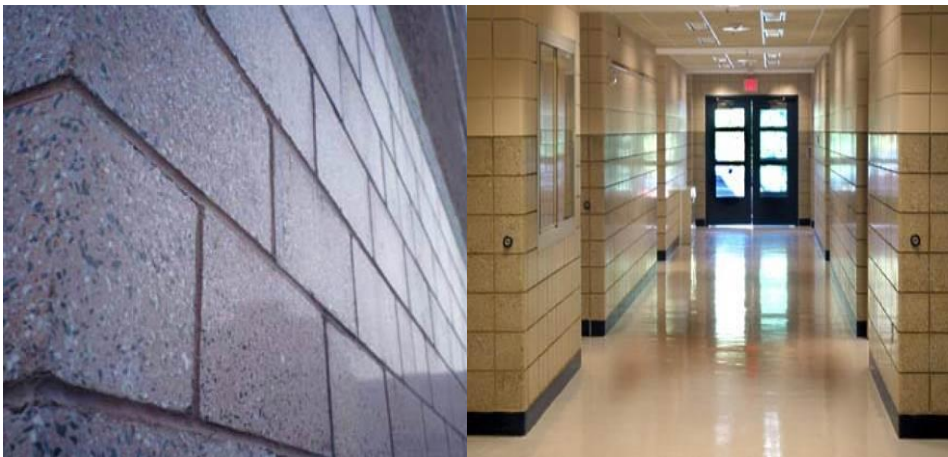
Figura.- Esplitado de piezas. Izquierda: entrada en la esplitadora de dos bloques unidos. Derecha: separación de los dos bloques por rotura

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.

2.2.2.3.3. 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.

Las aplicaciones son las mismas que las del bloque estándar, pudiendo emplearse tanto en interior como en exterior.



2.2.2.3.4. Bloque esmaltado

Este acabado superficial le confiere al bloque de hormigón la apariencia de un alicatado con plaqueta cerámica tradicional, aunque realmente se trata de un proceso industrial que ofrece un resultado similar en un único producto.

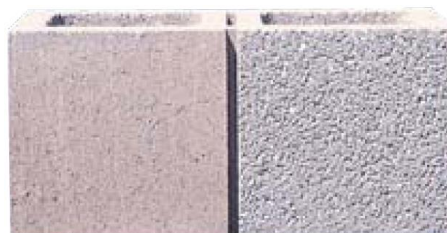
Estas unidades cuentan con un compuesto tipo esmalte como acabado superficial y permanente en una o más caras. Este compuesto es aplicado en forma líquida mediante semi-inmersión sobre la/s cara/s vista/s, y se cura mediante tratamiento térmico en un horno de túnel, convirtiéndose así en parte integrante del bloque.

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 factor importante o habitual.



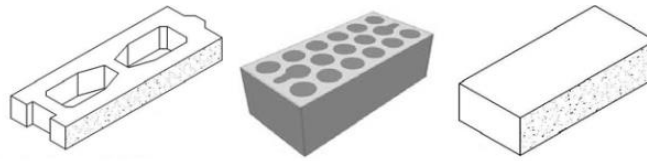
2.2.2.3.5. Bloque lavado

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 una superficie lisa aunque ligeramente irregular, pudiendo situarse entre un acabado liso y uno rugoso tipo split.



2.3. Ladrillos

Se trata de un elemento que trata de ganar presencia en la ejecución de muros de fábrica, donde el uso del ladrillo cerámico está mucho más extendido. Los ladrillos suelen tener una altura menor que los bloques (7 - 10 cm) y pueden ser huecos o macizos.



2.4. Algunas consideraciones de diseño

El fabricante debe especificar el uso para el que es apto su producto y puede ser uno o varios de los siguientes:

- Estructural o no estructural;
- Exterior con cara expuesta a condiciones de humedad, o no expuesto;
- Resistente al fuego, o sin exigencias de resistencia al fuego;
- Aislamiento acústico, o sin exigencias de aislamiento acústico.

2.5. Algunas consideraciones de fabricación

Algunas normas establecen una categoría de fabricación, que está relacionada con la probabilidad de alcanzar la resistencia declarada por el fabricante.

Tanto los bloques como ladrillos de hormigón requieren en Europa el marcado CE obligatorio, que se debe realizar conforme a los requisitos establecidos en la norma [UNE-EN 771-3](#). Aquí coexisten dos sistemas de evaluación de la conformidad: el sistema 4, en el que el fabricante autocertifica que cumple con las exigencias de la norma, o de forma adicional puede optar porque sea una entidad externa quien lo certifique (sistema 2+), con el aval añadido de que pueda disponer de una marca de calidad (por ejemplo, la [marca N de AENOR](#)).

Los llamados bloques de “hormigón arquitectónico”, con un valor estético añadido, son fabricados con una proporción mayor de cemento y un mayor tiempo de vibrado y compactado que hace que se incrementen algunas de sus características: resistencia, densidad, menor absorción de humedad y mejor calidad de textura superficial.

2.6. Algunas consideraciones de puesta en obra

La mampostería de bloques de hormigón tiene su propia técnica constructiva que debe ser cuidadosamente respetada. Toda la obra se recomienda que sea ejecutada por personal cualificado y experimentado. Durante la ejecución, se debe considerar la estabilidad global de la estructura de los muros individualmente. Destacamos a continuación dos importantes criterios a considerar para realizar una correcta ejecución:

- Humectación de las piezas:
 - Se procurará utilizar las piezas de hormigón secas.
 - Las piezas de hormigón (contrariamente a las piezas de cerámica) no deben humedecerse para su colocación.
 - No colocar bloques saturados de agua.
 - Si es posible, no construir en tiempo de heladas.
- Correcta orientación de las piezas: las piezas tienen normalmente alveolos interiores de forma cónica. Es importante que el bloque se coloque de tal manera que quede en la parte superior aquel lado que tenga las paredes más gruesas para poder colocar sobre ellas el mortero de las juntas.



CÓDIGO DE BUENA PRÁCTICA PARA LA EJECUCIÓN DE FÁBRICA DE ALBAÑILERÍA CON BLOQUES Y MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN

EDITA: NORMABLOC

DESCARGAR [\[+\]](#)

Descripción: Establece un código de buena práctica para la recepción y ejecución de muros realizados mediante bloques de mampostería, hormigón, definiendo los materiales y prescripciones, y estableciendo las reglas precisas para la construcción de dichos muros, así como los puntos singulares de los mismos.

Año de publicación: 2008

2.7. Ventajas

- Reducción del coste global frente a productos alternativos: la construcción con bloques y ladrillos de hormigón presenta ventajas económicas en comparación con otros sistemas constructivos tradicional. Las mismas se originan en la rapidez, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques, resistencia y durabilidad, desperdicio casi nulo y sobre todo, por constituir un sistema modular, lo que permite computar los materiales en la etapa de proyecto con gran certeza;
- Producto generalmente accesible: los fabricantes de piezas para fábrica de albañilería de hormigón suelen estar distribuidos por toda la geografía nacional;
- Versatilidad: gran diversidad de formatos, acabados superficiales y la amplia gama de colores disponible;
- Buenas prestaciones (derivadas del hormigón como material): resistencia mecánica, comportamiento frente al fuego, baja absorción de agua por capilaridad, capacidad de aislamiento térmico y acústico, etc.



Figura.- Centro de educación infantil y primaria Ferrer i Guardia – Arq. Jordi Badia

3. DISEÑO ESTRUCTURAL

3.1. Tipos estructurales de la obra de fábrica

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.
- Edificación con estructura de muros de carga y arriostramiento.
- Edificación con fábrica confinada en estructura porticada.

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.

3.1.1. 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.

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

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.

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).

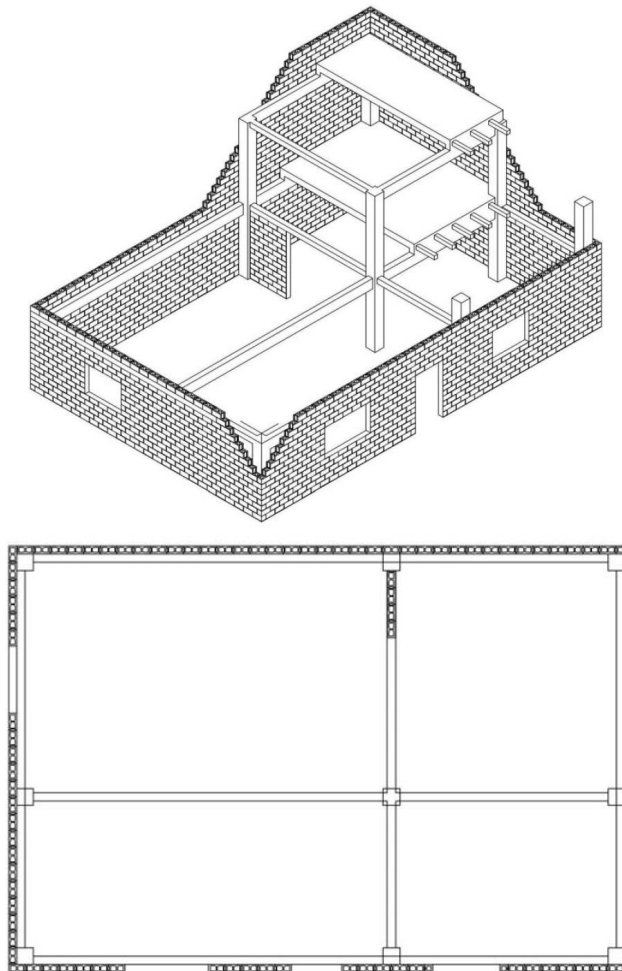


Figura.- Edificio con estructura porticada y fábricas de cerramiento/partición

3.1.1.1. 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.
- De bloques de hormigón hueco rellenos de hormigón armado (zunchos y pilares).
- De fábrica armada por tendeles de una hoja entre pilares de hormigón o acero.
- Con el Sistema de Albañilería Integral.

3.1.1.2. Muros de cerramiento o de partición heterogéneos de 2 hojas

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

3.1.1.3. 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 anclarse 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.

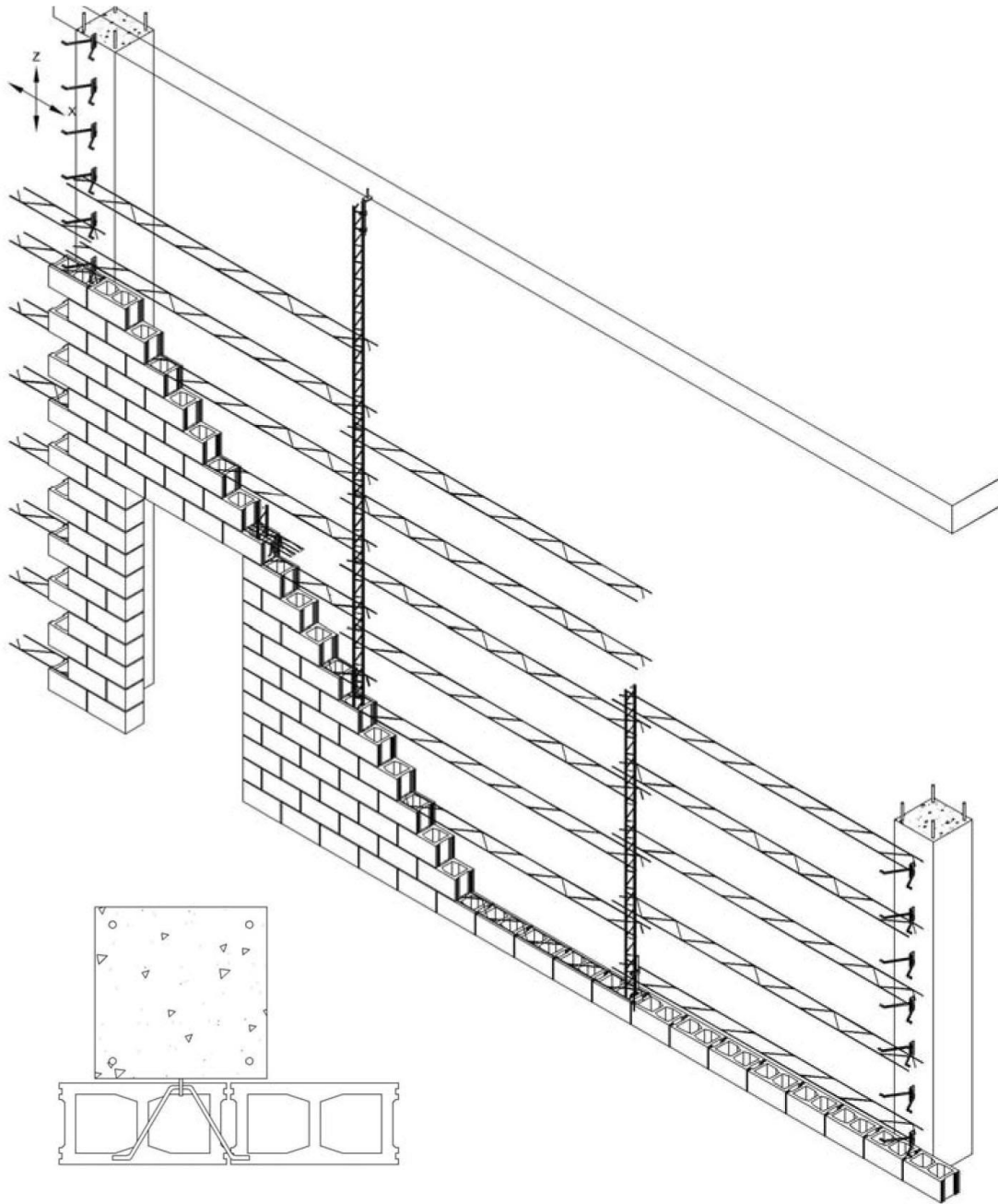


Figura.- Perspectiva de muro de 1 hoja de cerramiento de gran altura con el Sistema de Albañilería Integral. Detalle del muro pasante con anclaje deslizante en las direcciones vertical y horizontal del plano del muro (X, Z)

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

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.

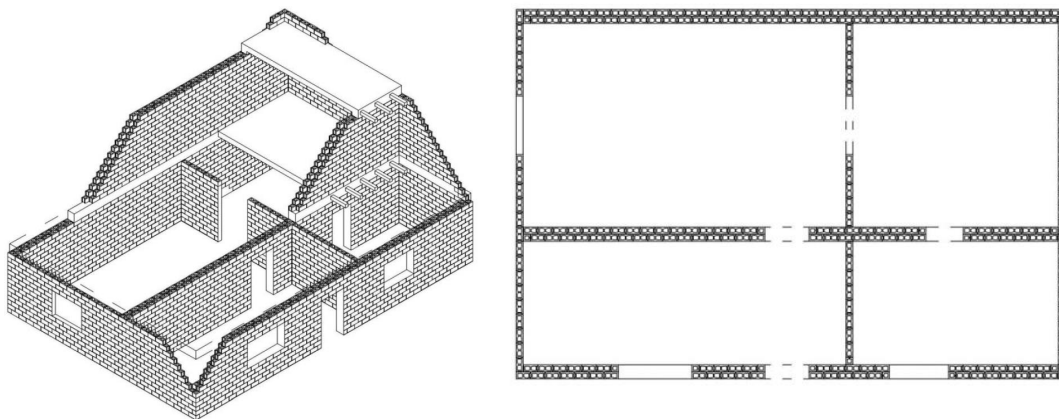


Figura.- Edificio con estructura de muros de carga y arriostramiento

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.

3.1.2.1. Muros de carga y arriostramiento heterogéneos de 1 hoja

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

3.1.2.2. Muros de cerramiento o de partición homogéneos de 2 hojas

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

3.1.3. 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 industriales.

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.

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

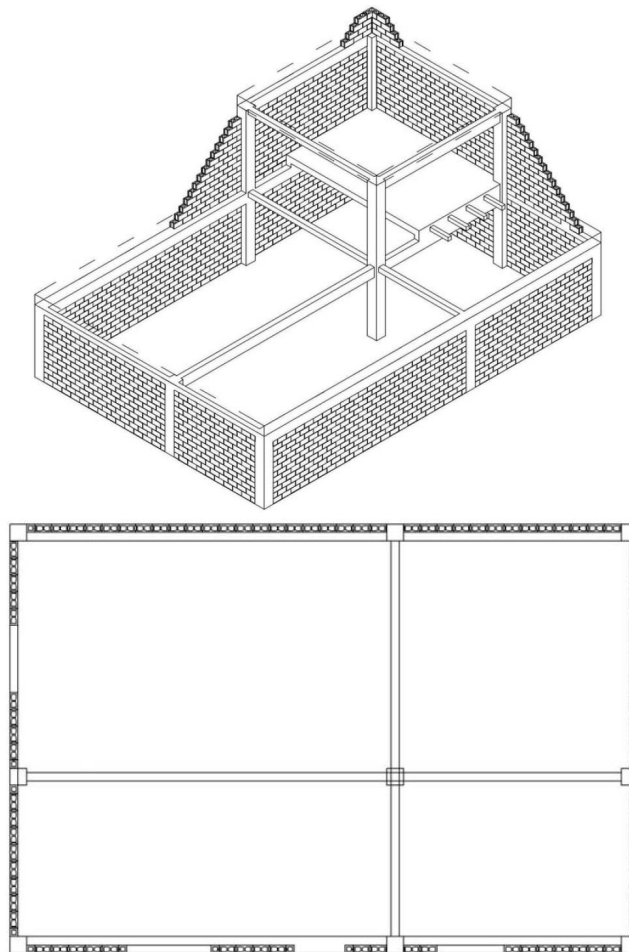


Figura.- Edificio de fábrica confinada en estructura porticada

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.

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.

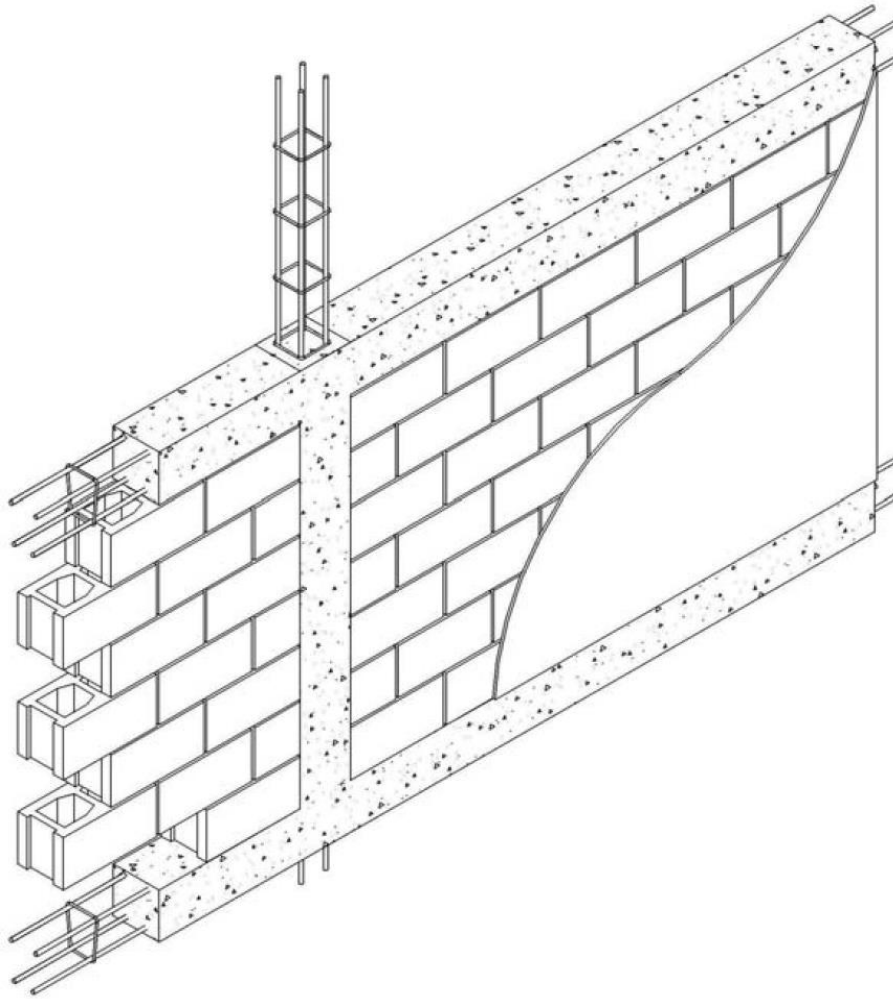


Figura.- Muros de bloque de hormigón confinados entre pilares y vigas de hormigón armado

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.

3.2. Coordinación modular en el proyecto 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 tradicional 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.

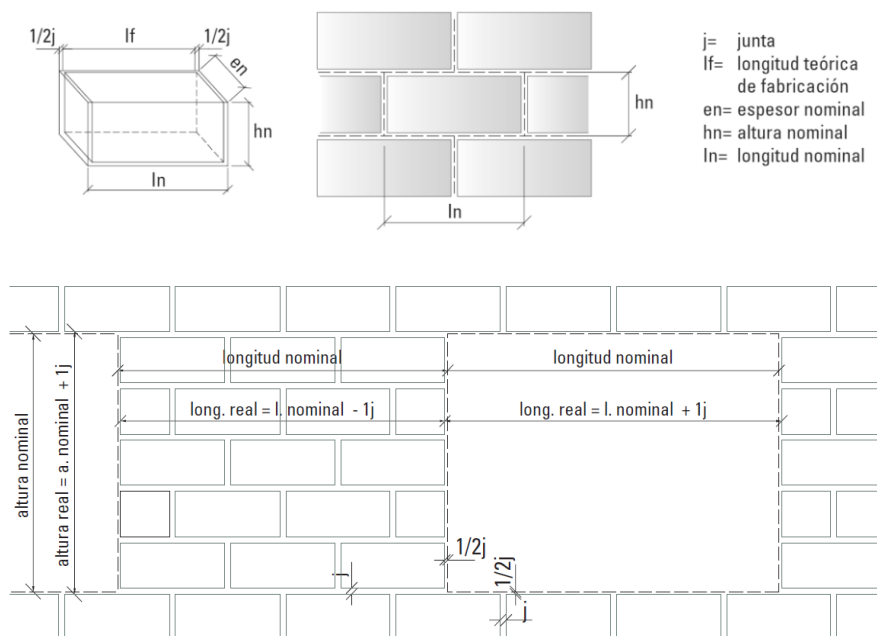


Figura.- Coordinación dimensional de la fábrica. El módulo de fábrica contempla la pieza con la junta

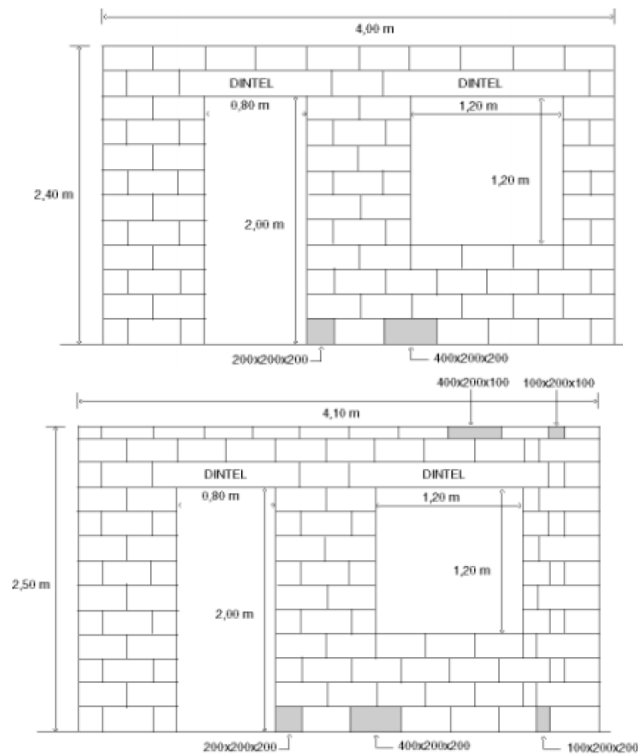


Figura.- Ejemplos de modulación de muro correcta (izquierda) e incorrecta (derecha)

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 arriostamiento 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.

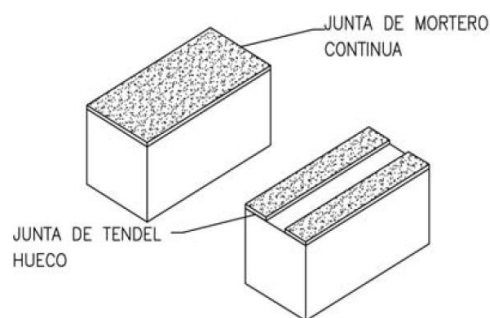


Figura.- Junta de mortero continua y junta de tendel hueco

3.3. Juntas en la obra de fábrica

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.

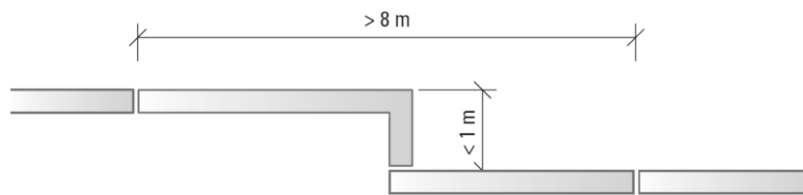


Figura.- Situación de las juntas de movimiento en planta

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

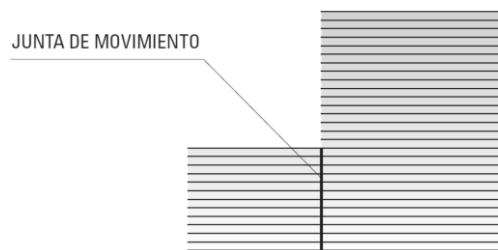


Figura.- Situación de las juntas de movimiento en alzado

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

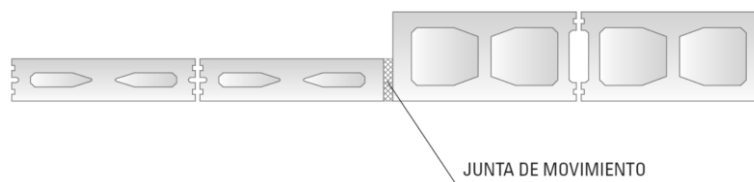


Figura.- Junta de movimiento en cambio de sección de muro.

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

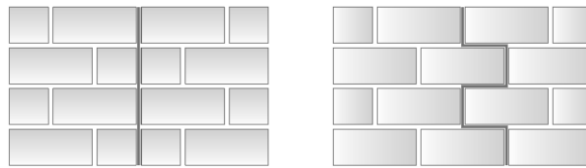


Figura.- Juntas de movimiento recta [izquierda] o endentada [derecha]

- 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.
- 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:

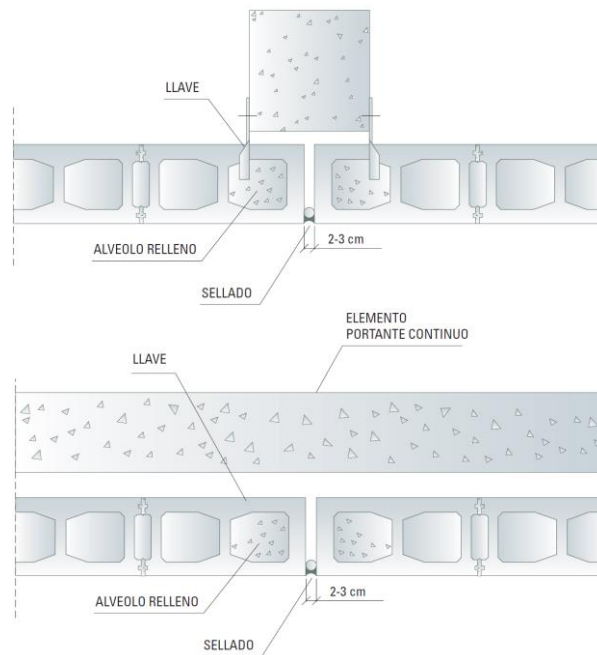


Figura.- Junta de movimiento coincidente con estructura

3.4. Cálculo estructural

En este apartado se sintetizan algunos de los sistemas de cálculo que puede emplearse en los casos ordinarios de muros de fábrica.

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.

Desde su inicio la fábrica de bloque ha tenido la intención de tener armaduras interiores, tal y como demuestran las secciones de los propios elementos: zunchos, pilastras, o la concordancia entre las perforaciones verticales. Sin embargo, no siempre ha sido así, limitando la capacidad de los muros resultantes a una función

simple de cerramiento, sin explotar sus posibilidades adicionales como sistema estructural del edificio.

Una primera aproximación al diseño resistente de muros de fábrica nos lleva a una primera decisión entre las dos técnicas básicas de armado:

- Armado 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;
- 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.

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.

El diseño resistente del muro depende en gran medida de la resistencia a compresión de las piezas, pero también del uso de armaduras (tendeles, barras y cercos), del posible relleno con hormigón de los huecos y del mortero utilizado.

La resistencia a compresión es función, entre otros factores, de la densidad y composición del hormigón, pudiendo alcanzar valores superiores a los 15 N/mm² de

resistencia normalizada. Dichas piezas deben poseer la suficiente resistencia para asegurar la correcta transmisión de las cargas y garantizar su durabilidad, permitiendo su empleo en muros estructurales. La determinación de la resistencia a compresión suele hacerse mediante ensayos normalizados, generándose varios parámetros de resistencia utilizados en la práctica:

- La resistencia de cada probeta (unidad de bloque o ladrillo) se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada por la superficie sometida a carga (superficie neta);
- La resistencia media es la media aritmética de la resistencia a compresión de las piezas analizadas (≥ 3). Se calcula dividiendo la carga máxima por la superficie sometida a carga;
- La resistencia característica, es la resistencia a compresión correspondiente al fractil inferior del 5% de la resistencia a compresión de las piezas. Se obtiene siguiendo un control estadístico, que se emplea habitualmente para determinar la resistencia del hormigón de muchos elementos prefabricados de hormigón estructural;
- La resistencia equivalente es otro valor que se refiere a la resistencia a compresión correspondiente al régimen por secado al aire (simulación en distintos ambientes de humedad);
- La resistencia normalizada es la resistencia a compresión de las piezas convertida en resistencia a compresión equivalente correspondiente al régimen de secado al aire de una pieza de 100 mm de ancho por 100 mm de altura, para lo que se aplica un coeficiente de forma que depende de las dimensiones reales de la pieza ensayada. Este parámetro es necesario para establecer un valor común de referencia con qué comparar las piezas.

Otro valor importante es la resistencia a compresión del mortero utilizado para la ejecución del muro, el cual no debe ser superior al 0,75 de la resistencia normalizada de las piezas como valor orientativo, para evitar roturas frágiles de los muros de fábrica.

Para el diseño de estos muros, teniendo en cuenta sus características, no se recomienda utilizar morteros superiores a M-5, que corresponde a la siguiente

dosificación en volumen de los componentes fundamentales: 1 de cemento, entre 0 y 1 de cal y entre 6 y 7 de arena.

Para la resistencia característica a la compresión de la fábrica (f_k), correspondiente a un esfuerzo normal a los tendeles, pueden tomarse como referencia los siguientes valores del CTE:

Resistencia normalizada de las piezas, f_b (N/mm ²)	5		10		15		20		25
Resistencia del mortero, f_m (N/mm ²)	5	7,5	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Bloques aligerados	2	2	3	4	5	5	6	7	8
Bloques huecos	2	2	2	3	4	4	5	6	6

También podemos añadir ciertas consideraciones que otorgan algunas normativas acerca de la denominada “categoría de ejecución”. A efectos de cálculo, se consideran tres categorías de ejecución: A, B y C, siendo la clase A la más exigente (piezas certificadas, morteros más controlados, certificado de ensayos del muro de fábrica, mayor inspección en obra) y C la que menos.

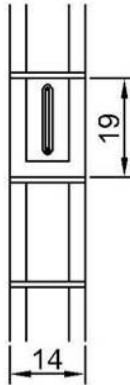
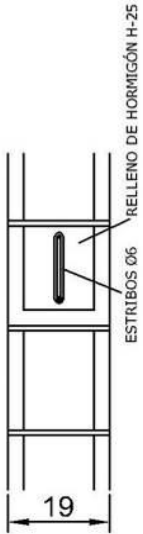
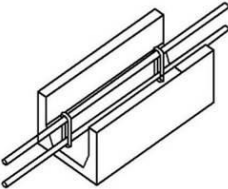
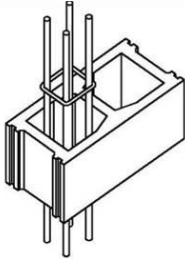
Situaciones persistentes y transitorias			Categoría de la ejecución		
			A	B	C
Resistencia de la fábrica	Categoría del control de la fabricación *	I	1,7	2,2	2,7
		II	2,0	2,5	3,0

Tabla.- Coeficientes parciales de seguridad del Código español de la edificación. La resistencia de cálculo es igual a la resistencia característica dividida por el coeficiente parcial de seguridad

Para entrar en profundidad en secciones tipo, geometrías, detalles constructivos y tablas de dimensionado, puede emplear el “Manual de cálculo de NORMABLOC” [\[+\]](#), como por ejemplo las siguientes:

MUROS DE BLOQUES Y LADRILLOS DE HORMIGÓN

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					
MÁXIMA SEPARACIÓN DE PILASTRAS (m)					
SOBRECARGA (kN/m ²)					
DIMENSIÓN	0,2	0,4	0,6	0,8	ARMADO
VERTICAL (m)					
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					
MÁXIMA SEPARACIÓN DE PILASTRAS (m)					
SOBRECARGA (kN/m ²)					
DIMENSIÓN	0,2	0,4	0,6	0,8	ARMADO
VERTICAL (m)					
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					
MÁXIMA SEPARACIÓN DE PILASTRAS O APOYOS ESTRUCTURALES (m)					
SOBRECARGA (kN/m ²)					
SEPARACIÓN	0,2	0,4	0,6	0,8	ARMADO
VERTICAL					
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				
MÁXIMA SEPARACIÓN DE PILASTRAS O APOYOS ESTRUCTURALES (m)					
SOBRECARGA (kN/m ²)					
ARMADOS	0,2	0,4	0,6	0,8	ARMADO
Ø 6mm	4,15*	3,84	3,13	2,71	2Ø 6 C/30



MUROS DE BLOQUES Y LADRILLOS DE HORMIGÓN

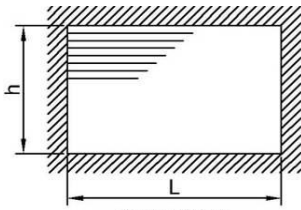
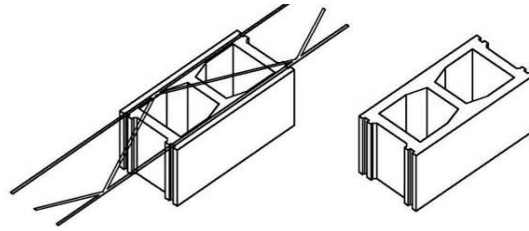


TABLA G.5 C.T.E.



**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

4. DISEÑO PRESTACIONAL

4.1. Principios generales

Con el fin de cumplir las funciones exigidas en la edificación (en España, los distintos Documentos Básicos del Código Técnico de 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 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.

En los casos de cerramientos de dos hojas, hay a su vez dos posibilidades de afrontar las funciones exigidas:

- 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.
- 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.

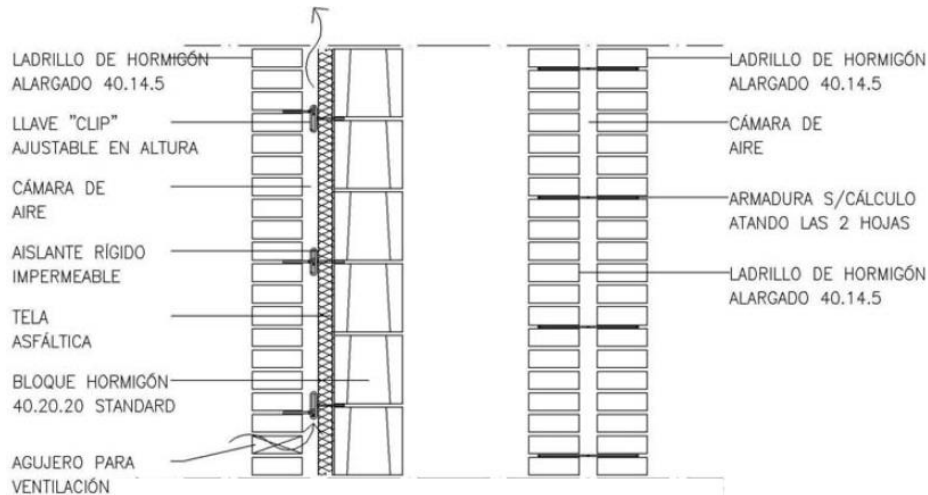


Figura.- Cerramientos heterogéneos de dos hojas atadas entre sí, con cámara intermedia

4.2. Eficiencia energética (DB-HE)

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 energético 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). 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;

- 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).

En las diferentes normativas suele incluirse información sobre las prestaciones estimadas para cada material y tipo de solución de cerramientos.

MUROS DE BLOQUES Y LADRILLOS DE HORMIGÓN

Fábrica de bloque de hormigón BH						
Descripción	Espesor de la fábrica E mm	HE				
		ρ kg / m ³	R m ² ·K/ W	C _p J / kg·K	μ	
Fábrica						
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⁾ (910) ⁽⁶⁾	0,89 ⁽⁶⁾ (1,05) ⁽⁶⁾	1000	6	
	Macizo ⁽⁵⁾	140	1134	0,80	1000	6
170 ⁽⁷⁾		1450 ⁽⁷⁾	0,55 ⁽⁷⁾	1000	6	
240		900	0,91	1000	6	
290		1050	0,95	1000	6	
290		1160 ⁽⁶⁾ (1100) ⁽⁶⁾	0,63 ⁽⁶⁾ (0,71) ⁽⁶⁾	1000	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	
	200	1.000 (900)	0,40 (0,48)	800	10	
	250	900 (800)	0,45 (0,54)	800	10	
	250	1000 (900)	0,50 (0,62)	800	10	
	Cámara doble					
	Cámara triple					

(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

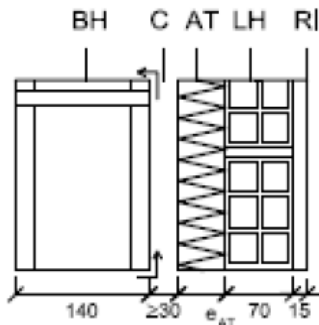
(7) Valores válidos sólo para fábrica de bloques de hormigón macizos de áridos ligeros con un porcentaje de huecos menor que el 15% y una densidad seca absoluta del material de 1700 kg/m^3

(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 .

Tabla.- Valores térmicos de diseño para fábricas de bloque de hormigón (catálogo de elementos constructivos del CTE)

Ejemplo práctico de cálculo

Sección del muro compuesto por las siguientes capas (del exterior al interior del edificio):



BH Bloque de hormigón de áridos densos

C Cámara de aire ventilada

AT Aislante térmico

LH Fábrica de ladrillo hueco

RI revestimiento interior formado por un enlucido de yeso

Caso con bloque de hormigón hueco de áridos densos

	e (m)	λ [W/m·K]	Ri
Rse	-	-	0,04
BH	0,14	1,18	0,12
C	0,03	-	0,18
AT	x	0,035	R _{AT}
LH	0,07	0,32	0,22
RI	0,02	0,57	0,04
Rsi	-	-	0,13

Resistencia térmica total fachada $0,73 + R_{AT}$

Cerramiento común con bloques de hormigón huecos de áridos densos.

Caso con bloque de hormigón macizo de áridos ligeros

	e (m)	λ [W/m·K]	Ri
Rse	-	-	0,04
BH _{ligero}	0,14	1,28	0,50
C	0,03	-	0,18
AT	x	0,035	R _{AT}
LH	0,07	0,32	0,22
RI	0,02	0,57	0,04
Rsi	-	-	0,13

Resistencia térmica total fachada $1,11 + R_{AT}$

Si el criterio de eficiencia energética es predominante, es recomendable el empleo de bloques de áridos ligeros y casi macizos, que tienen una conductividad térmica

Caso con bloque de hormigón aislante de áridos ligeros

	e (m)	λ [W/m·K]	Ri
Rse	-	-	0,04
BH _{ligero}	0,20	-	1,27
C	0,03	-	0,18
AT	x	0,035	R _{AT}
LH	0,07	0,32	0,22
RI	0,02	0,57	0,04
Rsi	-	-	0,13

Resistencia térmica total fachada $0,78 + R_{AT}$

Igualmente, podemos ir a la búsqueda de alguno de los muchos bloques del mercado que se distinguen por su gran resistencia térmica. Elegimos en este

menor y, por tanto, mejoran notablemente la resistencia térmica total del muro.	caso el modelo de la empresa francesa Easy-Therm, con una resistencia térmica de su bloque de 20 cm de espesor de 1,27 m ² ·K/W.
---	---

Aplicando el Código Técnico de la Edificación español, para una vivienda en Burgos (España) le correspondía una transmitancia térmica de 0,57 W/m²·K y, por tanto, una resistencia térmica de 1,75 m²·K/W. Y utilizando un aislamiento térmico de poliestireno extruido (XPS) de $\lambda = 0,035$ W/m·K, resultarán los espesores de aislamiento siguientes:

	Resistencia térmica fachada	R_{AT} total	e_{AT} teórico (cm)	e_{AT} real (cm)
Panel prefabricado hormigón armado	0,68 + R_{AT}		3,75	4
Bloque hormigón convencional	0,73 + R_{AT}		3,57	4
Bloque hormigón macizo árido ligero	1,11 + R_{AT}		2,24	3
Easy Therm 50x20x20 cm	1,78 + R_{AT}		0	0

Por tanto, el proyectista debe valorar si el ahorro en 1 cm de espesor de aislamiento térmico necesario en todo el contorno del edificio (o al menos, en aquellas partes cerradas por el bloque), o incluso su total eliminación, además de la mejora en otras características (fuego, acústica), compensa el incremento en el coste por el uso de bloques de hormigón con características térmicas mejoradas en lugar de bloques convencionales.

4.3. Impermeabilidad (DB-HS)

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.

El diseño de muros mediante la utilización de bloques hidrófugos está especialmente destinado para lugares como sótanos, garajes o sistemas de saneamiento, de tal forma que resistan la degradación causada por humedad que normalmente está presente en esas zonas.

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.

4.4. Protección frente al ruido (DB-HR)

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.

Composición muro	R _A (dBA)	Composición muro	R _A (dBA)
	49		51
	49		58
	49		55
	49		54

Tabla.- Índice global de reducción acústica ponderado para distintas composiciones de muros con bloques de hormigón, según el CTE

4.5. Comportamiento frente al fuego (DB-SI)

Según su comportamiento ante el fuego, los bloques de hormigón tienen una clase de reacción al fuego no combustible, Euroclase A1 (de acuerdo a la norma UNE-EN 13501-1), equivalente a una clase M0 de acuerdo a la anterior UNE 23727.

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.- Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas, exigidas por el CTE

Los bloques resisten eficientemente frente a la acción del fuego, tal y como recoge la siguiente Tabla del Código Técnico de la Edificación, de uso habitual:

Tabla F.2. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de bloques de hormigón

Tipo de cámara	Tipo de árido	Tipo de revestimiento	Espesor nominal en mm	Resistencia al fuego
Simple	Síliceo	Sin revestir	100	EI-15
			150	REI-60
			200	REI-120
	Calizo	Sin revestir	100	EI-60
			150	REI-90
			200	REI-180
			120	EI-120
			200	REI-180
			Volcánico	Guarnecido por las dos caras
	Guarnecido por la cara expuesta (enfoscado por la cara exterior)	120	EI-180	
		200	REI-240	
Doble	Arcilla expandida	Sin revestir	150	EI-180
		Guarnecido por las dos caras	150	RE-240 / REI-80

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 (calizo o volcánico presentan un mejor comportamiento que el síliceo);
- El revestimiento si lo lleva;
- El espesor nominal del muro.

No obstante, algunos fabricantes de bloques de hormigón deciden realizar ensayos propios frente al fuego para caracterizar sus propios elementos, partiendo de mejoras del diseño para incrementar la resistencia al fuego, como forma para que estos sean más competitivos en el mercado ante mayores exigencias de proyectos que incidan en la capacidad frente al fuego que deben tener los sistemas constructivos, por ejemplo, pudiendo alcanzar valores superiores (por ejemplo, REI90 para bloques de 14 cm, REI180 para bloques de 19 cm, etc.)

Obras y proyectos destacados: ladrillos de hormigón para Colegio Público Indira Gandhi



Aquí presentamos el Colegio Público Indira Gandhi en Mijas (Málaga), de Fresneda & Zamora Arquitectura. Uno de los elementos distintivos de este proyecto es el ladrillo de hormigón de una de nuestras empresas asociadas, que configura una parte significativa de las

fachadas.

El proyecto está claramente condicionado desde sus inicios por la topografía y la morfología de la parcela y nace de la transformación de esos límites en su virtud. La topografía, muy marcada, desciende acusadamente en dos direcciones y la morfología de la parcela que se cierra hacia afuera y se abre hacia dentro, dejando un frente mínimo para el desarrollo de la fachada. Todo esto sumado a unas estrictas normas de diseño, que exigen la colocación de algunos usos con entrada directa desde el exterior, como la conserjería, espacios comunes de infantil, o el AMPA y además animan a dotar a la entrada de un carácter institucional. Por tanto, el edificio necesita adosarse al único punto de contacto con el vial principal con el máximo de superficie posible. De ahí nace la morfología en forma de “U” que se abre abrazando la zona de juegos y planteando el máximo de fachada admisible. El edificio se implanta junto al único vial de acceso actual de la parcela, desarrollando todo el programa educativo en un volumen compacto que se desarrolla en la parte superior de la misma, dejando el resto del terreno para los espacios exteriores.

Desde el punto de vista constructivo, este tipo de edificios se caracteriza por la materialidad austera y la sencillez constructiva, por lo que el componente plástico en este caso se apoya en la utilización del ladrillo de hormigón blanco. Este ladrillo, colocado a hueso, genera una textura limpia y cálida que acompaña con su dibujo a las grandes bandas horizontales que definen los volúmenes. Además, supone la utilización de un material resistente, durable y de fácil puesta en obra, respondiendo así a las exigencias del impuestas por el promotor. Se trata, por tanto, de un “proyecto-respuesta” que genera su discurso a partir de las imposiciones tanto físicas como de planteamiento.

Nos hacemos eco de la reseña escrita por el propio Gerente de la empresa asociada, donde se revela la cada vez más necesaria asistencia del fabricante de prefabricados con el estudio de arquitectura, a fin de encontrar una solución óptima que satisfaga el cumplimiento de los objetivos estéticos y funcionales, en este caso de una fachada de alto valor estético donde los ladrillos de hormigón desempeñan un papel fundamental:

"En un mundo globalizado en el que la industrialización de la construcción y los grandes prefabricados van ganando terreno, siempre quedará hueco para la liviandad de la obra con elementos clásicos, ligeros y manejables, como son los ladrillos, en este caso el hecho diferencial es que el ladrillo es de hormigón.

En esta obra que presentamos realizada por el estudio Fresneda&Zamora, su propósito es hacer buena arquitectura, dónde perseguir lo auténtico es más una necesidad que una elección, su sinceridad se muestra en su trabajo del CEIP INDIRA GHANDI de Mijas (Málaga).

La valentía de su propuesta proviene de un talante de libertad de prejuicios, un recorrido que va desde lo técnico y lo industrial, pero convencidos de que ofrece multitud de vías. Las formas no son el resultado de una preocupación artística sino que derivan tanto de su espacio estructural como del comportamiento de los materiales y aquí el ladrillo es el gran protagonista, como diría Antonio Jiménez Torrecilla (Hellín 1962-Granada 2015), evocando a uno de los grandes preceptores del ladrillo, Eladio Dieste (Artigas 1917-Montevideo 2000), "lo que no es indispensable no tiene cabida", un proyecto que no olvida las posibilidades de una zona económicamente débil y que alcanza una solución total; grandiosidad y belleza; economía y polivalencia; divertimento y deporte junto a utilidad y cultura ... todo aunado en un colegio que con su nombre recoge todo lo necesario para ser un referente a la vez que acicate para los niños que lo disfruten durante su primera fase educativa: El CEIP INDIRA GANDHI, de Mijas.

Con el ladrillo caravista Coupe, de hormigón que conjunta a la vez; ser un material simple con la facilidad de manejo; producción y economía en el precio; eficiencia y sostenibilidad, cualidades cada vez más necesarias y que han conseguido con la técnica de armarles por dentro y a su vez trabándoles uno con otro, ser capaces de realizar superficies de gran resistencia para soportar las cargas a partir del peso debido a su gran masa relativa, realizar una obra minimalista, con colores puros como el blanco, ayudando a la reflexión de la radicación solar de esta zona calurosa, sin embargo de gran profundidad, conseguir llenar un espacio en el municipio de Mijas

que como demuestra la maestría del fotógrafo Javier Callejas cubre todo el espectro del barrio alto de ese bello pueblo andaluz'.



5. DURABILIDAD DE LAS FÁBRICAS

5.1. 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.

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 mampostería de hormigón son las siguientes:

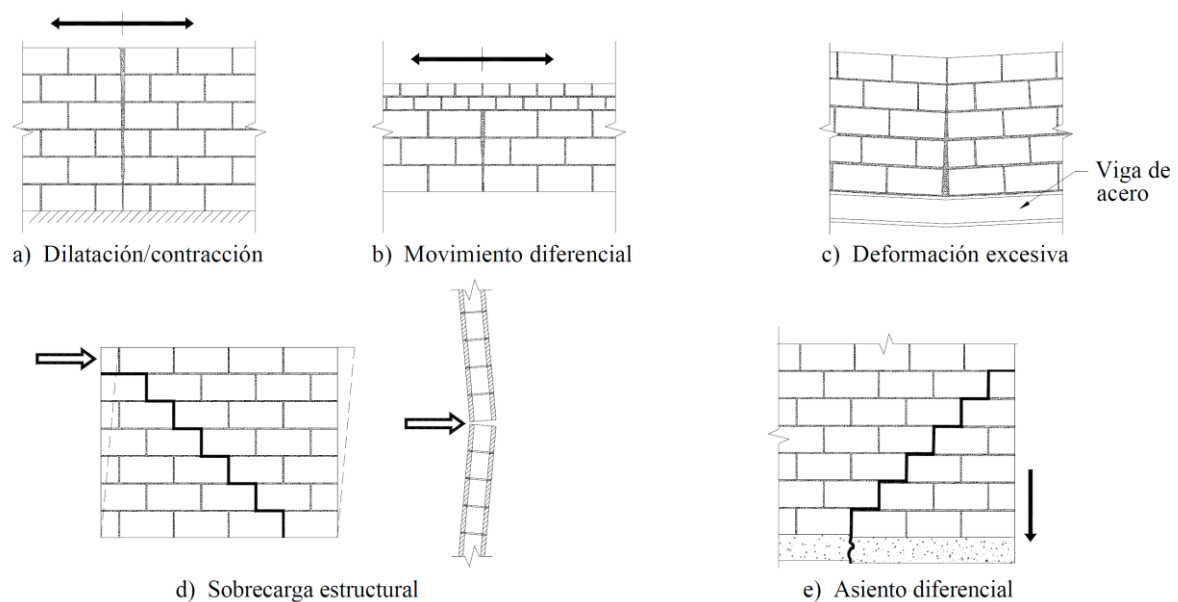


Figura.- Causas de fisuración de la fábrica

5.2. 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).

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.

6. SOSTENIBILIDAD

6.1. Generalidades

A medida que ha ido incrementándose la conciencia ambiental en la sociedad, las empresas se han dado cuenta de la enorme importancia de evaluar cómo afectan sus actividades al medio ambiente. Ante esta creciente demanda, las empresas deben responder ofreciendo productos más ecológicos, empleando procesos de producción "más limpios". Una de las herramientas que se pueden aplicar para mejorar los productos y los procesos es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), siendo el soporte de las declaraciones ambientales de producto (DAP).

6.2. Declaración ambiental de producto (DAP)

Una DAP plasma, en un documento verificado por una tercera parte independiente, los resultados de esa evaluación ambiental objetiva. El contenido de esa DAP y los detalles de lo que hay que considerar en el estudio de ACV correspondiente vendrá definido bien en una norma, en este caso en la [UNE-EN 16757:2018](#) "Sostenibilidad de las obras de construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de Categoría de Producto para hormigón y elementos de hormigón", que a su vez se referencia en la norma europea [UNE-EN 15804:2012+A1:2014](#), que establece unas reglas de categoría de producto (RCP) comunes para el sector de la construcción. De esta forma, la DAP proporcionará un perfil ambiental basado en datos cuantificados y verificables, empleando una serie de categorías de impacto normalizadas.

En la construcción, una declaración ambiental de producto es una importante herramienta para valorar las características de sostenibilidad de los diferentes materiales de construcción que van a utilizar en sus proyectos. Poco a poco comienza a ser una información demandada por promotores (como factor de diferenciación), administraciones (para implementar los compromisos en materia ambiental), usuarios (creciente sensibilización hacia el medio ambiente) u otros agentes. Especialmente están dirigidas a obras que se certifiquen conforme a sistemas de certificación de la sostenibilidad, siendo los más implantados las herramientas LEED y BREEAM, y estos estar orientados a edificios de titularidad privada. También comienza a observarse una mayor sensibilización en la obra pública, pudiendo el componente medioambiental y/o social ser un criterio a puntuar en la contratación. Además, da respuesta a una de las

novedades que introdujo el Reglamento Europeo de Productos de Construcción con el nuevo requisito “Uso sostenible de los recursos naturales”.

6.3. DAP de elementos ligeros huecos

Las DAP sectoriales resultan útiles cuando diferentes empresas fabricantes del mismo tipo de producto se agrupan para recopilar en conjunto los datos del inventario de ciclo de vida del producto y mostrar la información “media” de los resultados como representativos.

Por esta razón, ANDECE ha realizado seis DAP sectoriales entre sus empresas asociadas, una de las cuales relativa a los elementos ligeros huecos prefabricados de hormigón: bloques, ladrillos, casetones y bovedillas.

6.3.1. Declaración de los parámetros ambientales derivados del ACV

CATEGORIA DE IMPACTO	PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
			ETAPA DE PRODUCTO			
			A1	A2	A3	A1-A3
Calentamiento global (kg CO2 eq)	Potencial de calentamiento global	kg CO2 eq	6,98E+01	4,51E+00	2,53E+00	7,68E+01
Agotamiento de la capa de ozono (kg CFC 11 eq)	Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico	kg CFC 11 eq	6,54E-06	8,46E-07	1,07E-06	8,46E-06
Acidificación del suelo y el agua (kg SO2 eq)	Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua	kg SO2 eq	1,67E-01	1,57E-02	1,87E-02	2,01E-01
Eutrofización (kg PO4 eq)	Potencial de eutrofización	kg (PO4)eq	4,05E-02	2,96E-03	1,53E-03	4,50E-02
Formación de ozono fotoquímico (kg Etileno eq)	Potencial de formación de ozono troposférico	kg Etileno eq	1,80E-02	5,79E-04	6,80E-04	1,92E-02
Agotamiento de recursos abióticos - elementos (kg Sb eq)	Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles	kg Sb eq	8,63E-06	1,68E-08	4,02E-07	9,05E-06
Agotamiento de recursos abióticos - comb. fósiles (MJ)	Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles	Mj valor calorífico neto	4,72E+02	6,55E+01	8,27E+01	6,20E+02

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

6.3.2. Uso de recursos

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Uso de energía primaria renovable, excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	1,93E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,93E+01
Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Uso total de la energía primaria renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima)	Mj valor calorífico neto	1,93E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,93E+01
Uso de energía primaria no renovable, excluyendo los recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	5,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,12E+02
Uso de la energía primaria no renovable utilizada como materia prima (MJ)	Mj valor calorífico neto	3,05E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,05E-03
Uso total de la energía primaria no renovable (energía primaria y recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima)	Mj valor calorífico neto	5,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	5,12E+02
Uso de combustibles secundarios renovables (MJ)	Mj valor calorífico neto	1,27E+01	1,96E-01	1,08E+01	2,37E+01
Uso de combustibles secundarios no renovables (MJ)	Mj valor calorífico neto	2,35E+01	6,42E+01	8,38E+01	1,72E+02
Uso de materiales secundarios	KG	3,22E+00	1,04E-02	3,69E-01	3,60E+00

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
(kg)					
Uso neto de recursos de agua dulce (m3)	M3	4,95E+01	3,74E-03	1,71E-02	4,95E+01

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

6.3.3. Categorías de residuos y flujos de salida

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Residuos peligrosos eliminados (kg)	kg	5,34E-03	0,00E+00	0,00E+00	5,34E-03
Residuos no peligrosos eliminados (kg)	kg	1,28E-02	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-02
Residuos radiactivos eliminados (kg)	kg	9,01E-07	0,00E+00	0,00E+00	9,01E-07

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

PARAMETRO	UNIDAD	ETAPA DEL CICLO DE VIDA			
		ETAPA DE PRODUCTO			
		A1	A2	A3	A1-A3
Componentes para su reutilización (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Materiales para el reciclaje (kg)	kg	2,14E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,14E-02
Materiales para valorización energética (recuperación de energía) (kg)	kg	2,48E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,48E-01
Energía exportada (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Leyenda: A1. Suministro de materias primas. A2. Transporte. A3. Fabricación

6.4. Otras consideraciones

El hecho de que un producto disponga de una DAP no implica necesariamente que sea medioambientalmente mejor que otro que no lo tenga, pero sí la información que se obtenga como elemento imprescindible para mejorar el comportamiento ambiental (por ejemplo, identificar puntos de mejora para reducir el consumo eléctrico o de agua asociado, sin menoscabo de sus prestaciones).

Esta DAP considera el alcance “de la cuna a la puerta” incluyendo todas las etapas del ciclo de vida del producto hasta la puerta de la fábrica como producto terminado.

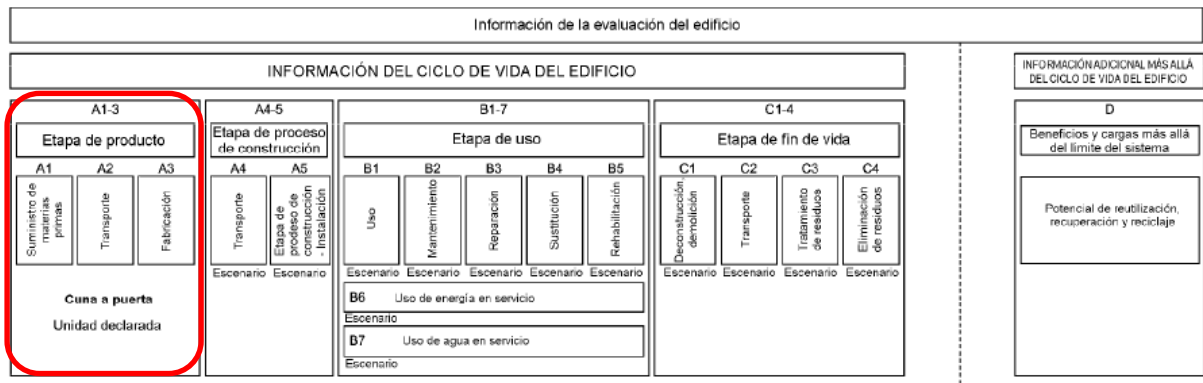


Figura.- Etapas y módulos de información para la evaluación de edificios. Ciclo de vida del edificio

El periodo de “cuna a puerta” sólo cubre la parte inicial del proceso, siendo el más habitual de los productos de construcción ya que en la mayoría de los casos son componentes que quedan integrados dentro de sistemas constructivos dentro del edificio o de la infraestructura, que es sobre la que es más razonable analizar todo el ciclo de vida. En el caso de los elementos prefabricados de hormigón, no se cuantifican así algunas de las características diferenciadoras como la mayor durabilidad, la inercia térmica o su potencial de reciclabilidad/reutilización al final de su vida útil, que se analizarían en el caso de abordar el ciclo de vida completo. Por tanto, cabe pensar que en próximos estudios sea recomendable hacer un análisis de ciclo de vida completo para poner en valor dichas ventajas atendiendo a su comportamiento medioambiental.

7. METODOLOGÍA BIM

7.1. Conceptos básicos

La metodología BIM (modelado de información de la construcción) es un fenómeno imparale que irremediamente empieza a cambiar la forma en que se ha concebido la construcción hasta ahora. Alineada con la llamada Industria 4.0 o Construcción 4.0, BIM viene fundamentalmente a "poner orden" en los proyectos de construcción, estableciendo mecanismos que permiten a todos los agentes participantes (estudios de arquitectura, consultoras e ingenierías, direcciones de proyecto y obra, empresas constructoras y subcontratistas, proveedores de materiales de construcción, administraciones, gestores de edificios e infraestructuras, etc.) establecer una comunicación más fluida, basándose en el desarrollo y acceso a modelos tridimensionales virtuales del edificio o infraestructura que se comparten, y que contienen información más allá de la geométrica con el fin de facilitar su uso en las diferentes fases del ciclo de vida del proyecto.

El sector de la construcción debe afrontar este salto hacia la digitalización de los proyectos, algo que atañe especialmente a los fabricantes y proveedores de productos de construcción, elementos imprescindibles para realizar cualquier proyecto constructivo.

En la etapa pre-BIM, cada proyecto, véase un edificio, se componía a su vez de determinados sub-proyectos (estructura, fachadas, instalaciones, accesos, etc.) que se han diseñado y ejecutado mayoritariamente mediante planos, y de forma independiente y a veces contradictoria (por ejemplo, una tubería que se define por donde ya transcurre una columna), provocando un número muchas veces elevado de errores que se manifiestan fundamentalmente durante la fase de ejecución, con los consecuentes perjuicios en plazos y costes.

En cambio, BIM actúa como una gran base de datos de todos los elementos que forman parte de un proyecto de construcción. Cada elemento está catalogado, por así decirlo, y cada cambio que pueda realizarse (por ejemplo, una viga cuya posición se cambia por un determinado motivo) permite visualizar cualquier alteración de los elementos adyacentes (por ejemplo, las conexiones con los pilares en los que apoya). Además, al ir incluyendo y refinando información a lo largo del proyecto, se genera un historial donde se archivan las decisiones tomadas, los datos de los materiales y los servicios realizados con la conformidad legal adecuada.

Por estos motivos, el uso creciente de BIM representa una oportunidad ideal para la consolidación definitiva de la industria de los elementos prefabricados de hormigón. La metodología BIM y especialmente la construcción industrializada con elementos prefabricados de hormigón se basan en parámetros similares: control más exigente desde la fase de diseño, un estricto cumplimiento de la geometría y la posición de los distintos elementos constructivos, mayor calidad, costes y plazos controlados y, como consecuencia de todo ello, mayor eficiencia al término de la obra.

7.2. Estrategia BIM de las empresas de prefabricados

7.2.1. El salto a BIM

Cada vez más, cualquier fabricante que aspire a participar en proyectos desarrollados bajo esta metodología, deba desarrollar antes un catálogo de productos en lenguaje electrónico BIM que permita a los proyectistas utilizar y conocer esta información. Se pasa de una información técnica basada en planos o ficheros de texto, a archivos digitalizados legibles por software BIM. La forma de transformar esta información en BIM diferirá según el tipo de fabricante: su magnitud, capacidad técnica y económica, ámbito geográfico de actuación, etc. Para ello, es fundamental que el fabricante digitalice su catálogo de producto, algo que será más o menos complejo en función básicamente del grado de estandarización de los elementos. En el caso de los elementos con aplicaciones estructurales, cada fabricante cuenta con una serie de secciones y características tipo que habrá que adaptar para cada proyecto específico, pudiendo encontrarnos además con un número elevado de elementos variados dentro de un mismo proyecto.

7.2.2. Nivel de información de los objetos

Otra decisión que subyace en este sentido es qué cantidad de información debe incorporarse en BIM, para lo cual habrá que decidir qué debe incluirse y qué no (por ejemplo, características que no sean relevantes para el proyecto, o prefieran omitirse por ser información confidencial, etc.) y qué nivel de parametrización (optimizar el número de objetos a desarrollar, agrupándolos por ciertas características/parámetros). La información que contendrán los objetos puede clasificarse de la siguiente forma:

- Geometría: se puede definir con exactitud (largo x ancho x alto), o bien parametrizar dejando abiertas las dimensiones, definiendo un rango para cada dimensión y/o fijar un valor exacto que sea representativo (por ejemplo, bloques de anchura 20 cm).
- Datos básicos: pueden ser las características esenciales que presentan las normas armonizadas de producto, referencia para los prefabricados con marcado CE (por ejemplo, tomando los valores que ya vienen definidos en la documentación de marcado CE, como es el caso de las Declaraciones de Prestaciones).
- Otros datos: información que el fabricante puede adicionalmente asignar al objeto BIM, ya sea de tipo cuantitativo (precio por m², texturas superficiales, etc.) y/o cualitativo (marketing, instrucciones de montaje, etc.).

7.2.3. Desarrollo de objetos BIM

Una de las decisiones que debe tomar la empresa es si el desarrollo de objetos BIM de su catálogo de productos se lleva a cabo con personal propio (departamento técnico, delineantes, etc.) o si es preferible recurrir a una entidad especializada externa. En el caso de los fabricantes de estructuras en que, por magnitud de la empresa, y en que predominen los elementos poco estandarizados que dependen de cada proyecto, cabe esperar que la empresa apueste por la ir formando a personal propio para que adquiera las competencias necesarias en el uso de herramientas de modelado BIM y generar una biblioteca propia y ampliable en el tiempo.

7.3. Plataformas de objetos BIM

Es esencial apuntar la importancia que están adquiriendo las plataformas BIM de objetos de construcción, que presentan un número creciente de archivos digitales de productos y sistemas de construcción, tanto de fabricantes con productos específicos como de productos genéricos. Estas plataformas equivalen a buscadores de productos de construcción, donde aparecen todos aquellos productos de empresas que tienen objetos BIM con información geométrica y de otras características.

Cabe destacar la iniciativa llevada a cabo por ANDECE colaborando con algunas de estas plataformas para presentar una galería de productos prefabricados de hormigón

representativos, con el objetivo de enseñar a las empresas asociadas el camino a emprender en esta evolución digital hacia la metodología BIM.

7.3.1. BIMETICA

De origen español, la base de datos continúa creciendo gracias a la colaboración activa de diferentes fabricantes y asociaciones empresariales, que añaden nuevos productos y actualizan los datos continuamente. Gracias a ello, cualquier usuario puede acceder gratuitamente a la información de los productos y descargar los objetos BIM como familias Revit, objetos Archicad, archivos IFC, archivos AECOsim, archivos CAD 2D/3D, especificaciones técnicas, etc. con información detallada que puede integrarse directamente en el proyecto.

The screenshot shows the BIMETICA website interface. At the top, there is a search bar with the text 'Objetos BIM, familias de Revit, Archicad...' and a search icon. The main content area features a 3D rendering of a grey concrete block. To the right of the rendering, the product name 'Muro de Bloques de Hormigón 30x19x14cm G - ANDECE' is displayed in bold. Below the name, technical details are listed: Referencia (ANDECE-ES_Muro de Bloques d.), Fabricante (ANDECE - Asociación Nacional), and Teléfono (*34 913238275). Further down, the publication date (15-Feb-2017), product type (Ensamblaje Requerido), and series (Bloques de Hormigón) are shown. Two orange buttons labeled 'Descarga' and 'Contacto' are visible. Below these are social media sharing options for LinkedIn and Facebook. At the bottom, a table provides additional product information:

Datos de producto	Clasificación	Características técnicas	Impacto Medioambiental	Enlaces
Referencia	ANDECE-ES_Muro de Bloques de Hor			
Precio unitario	0.00 EUR			
Descripción	Muro de bloques de hormigón ANDECE genérico de 30 cm x 19 cm x 14 cm.			

Figura.- Ventana de presentación del muro de bloques de hormigón en la galería BIMETICA

+info: Galería de productos genéricos de ANDECE en BIMETICA [\[+\]](#)

7.3.2. BIM&CO

De origen francés, BIM&CO ofrece una plataforma de colaboración internacional para contratistas y fabricantes de productos de construcción con el objetivo de estructurar y distribuir sus datos a todas las partes involucradas en los procesos de la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción.

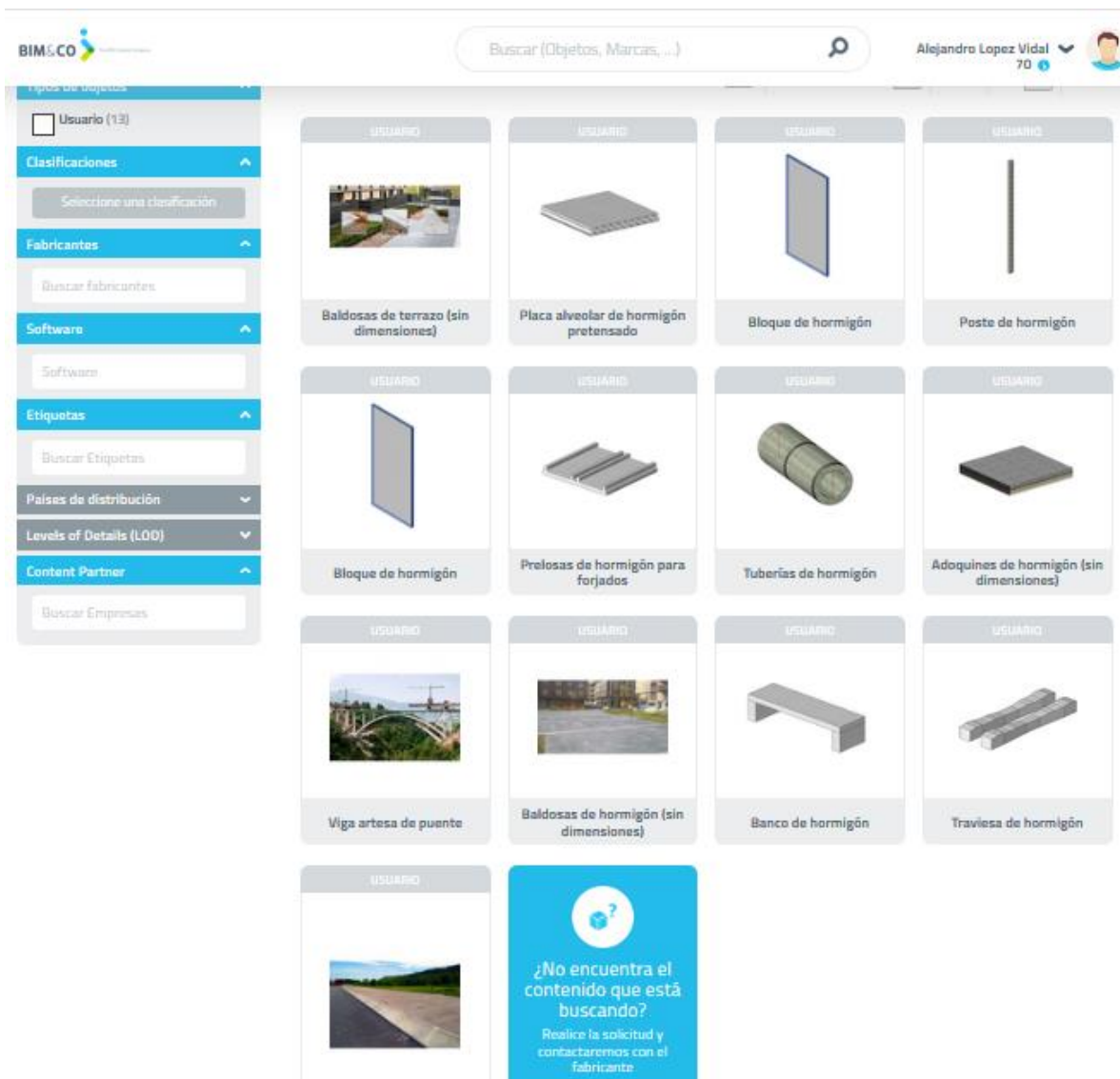
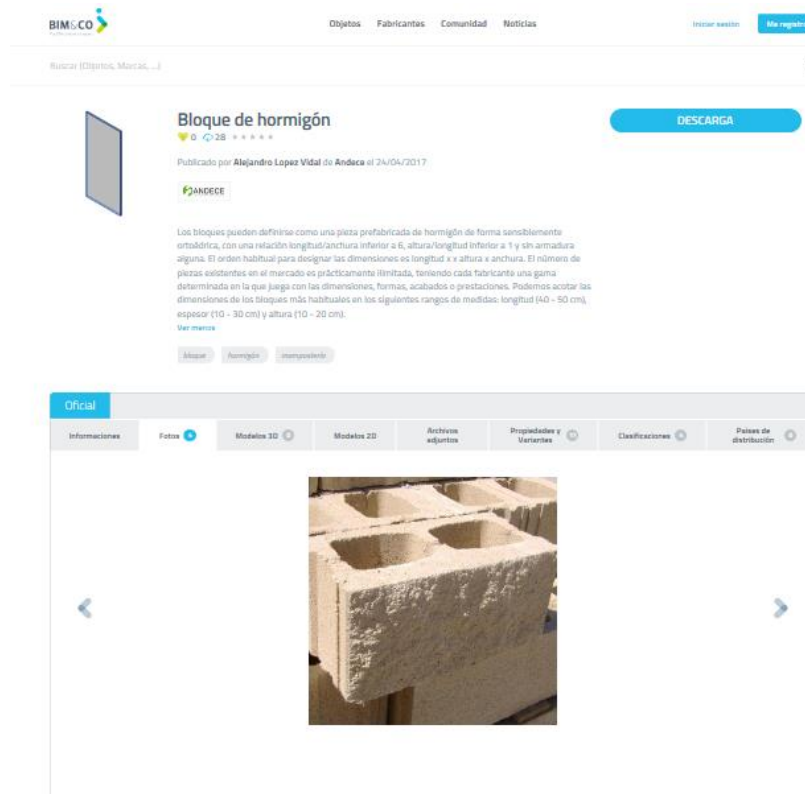


Figura.- Presentación de los objetos genéricos de ANDECE en la plataforma BIM&CO



Ejemplo de contenidos del objeto genérico “Bloque de hormigón” desarrollado directamente por ANDECE dentro de la plataforma BIM&CO



- Información general: datos creación, enlaces útiles (por ejemplo, al [buscador de fabricantes de la web de ANDECE](#) al tratarse de un producto genérico), código QR para poder descargarlo, etc.
- Fotografías seleccionadas de los elementos.
- Modelos 3D para descarga en el/los software en que se haya desarrollado (en este caso REVIT).
- Documentos adicionales: libertad para añadir información técnica, comercial, etc. que el fabricante quiera añadir.
- Propiedades y variantes: descripción técnica del elemento (en este caso, clasificado por los distintos cantos habituales).
- Clasificaciones según los estándares más reconocidos globalmente.

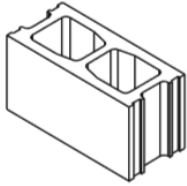
- Países de distribución: se puede dejar abierto, o acotarlo al país/países donde se comercialice el producto para concentrar la atención en un área geográfica determinada.

7.4. Entrada del prefabricador al proyecto

Los proyectos con sistemas constructivos con elementos prefabricados de hormigón deben definirse de forma completa e inequívoca en proyecto (como en BIM), comenzando por la forma (precisión geométrica más elevada debido al proceso industrial) y las propiedades técnicas de los elementos individuales (bloques o ladrillos de hormigón,...) hasta conformar el sistema constructivo completo (muro o fachada,...), concibiendo, como debiera ser lógico, que lo proyectado debe ser construible. Con este enfoque, el prefabricador se presenta cada vez más como un apéndice del proyecto, al tener inevitablemente que contar con su asistencia técnica en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones y artículos



EL BLOQUE DE HORMIGÓN Y SU FÁBRICA

Autor: Pablo Daniel García Carrillo, para
NORMABLOC

DESCARGAR [\[+\]](#)

Año de publicación: 2016

el bloque de hormigón y su fábrica 

Descripción: El presente Manual supone una completa recopilación de la información contenida en dos anteriores publicaciones: el "Manual Técnico de NORAMBLOC" y el "Código de buena práctica para la ejecución de fábricas con bloques y mampostería de hormigón de NORMABLOC". Este documento no sólo supone un refundido de los dos 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.

Otras publicaciones de interés son:

- “Código de buena práctica para la ejecución de fábricas con bloques y mampostería de hormigón”. NORMABLOC. 2007. [\[+\]](#)
- “Manual técnico”. NORMABLOC. 2007. [\[+\]](#)
- Catálogo de soluciones constructivas con bloques y ladrillos de hormigón de árido denso para el cumplimiento del CTE. 2012. ANDECE [\[+\]](#)
- “Bloques y ladrillos de hormigón: resistencia a compresión de las piezas”. Revista Cemento Hormigón, 2014 [\[+\]](#)
- “Armadura prefabricada en la ejecución de cerramientos de bloque y ladrillo de hormigón”. Canal Youtube de ANDECE [\[+\]](#)

- Máster de construcción industrializada en hormigón [\[+\]](#)
- Guía Autodeclaraciones ambientales de productos prefabricados de hormigón – ANDECE [\[+\]](#)
- Guía BIM para empresas de prefabricados de hormigón [\[+\]](#)

Normativa

- Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Fomento.
- 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.
- UNE-EN 1996-1-2. Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego
- UNE-EN 1996-2. Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica. Parte 2: Consideraciones de proyecto, selección de materiales y ejecución de la fábrica.
- UNE-EN 1996-3. Eurocódigo 6: Métodos de cálculo simplificados.
- UNE-EN 771-3. Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 3: Bloques de hormigón (áridos densos y ligeros)
- UNE 12771-3 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
- UNE-EN 772-1. Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión.
- 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)
- 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.
- 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.

- 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).
- 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
- UNE-EN 772-16. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: determinación de las dimensiones
- 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
- UNE-EN 845-1. Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 1: Tirantes, fleje de tensión, abrazaderas y escuadras.
- UNE-EN 845-2. Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 2: Dinteles.
- UNE-EN 845-3. Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 3: Refuerzo de junta horizontal de malla de acero.
- UNE-EN 845-4. Especificaciones de elementos auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 4: Costillas de refuerzo.
- UNE-EN 1052-1. Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 1: determinación de la resistencia a compresión.
- UNE-EN 1052-2. Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 2: determinación de la resistencia a la flexión.
- 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.

EMPRESAS ASOCIADAS

Relación de fabricantes asociados de ANDECE que declaran fabricar elementos prefabricados de hormigón para mampostería, en el momento de edición de esta guía. Seleccionar “Mampostería” en el siguiente enlace: <http://www.andece.org/directorio-de-negocios/>

SOCIOS ADHERIDOS

Relación de socios adheridos de ANDECE que suministran productos y/o servicios directamente relacionados con los elementos prefabricados de hormigón para obras de mampostería, en el momento de edición de esta guía: <http://www.andece.org/miembros-adheridos/>