



Evaluación Técnica Europea

ETA 11/0266
de 07.09.2015



Parte general

Nombre comercial del producto de construcción	Módulo industrializado de hormigón armado para edificación Compact Habit®
Área de producto a la que pertenece	Módulo industrializado de hormigón armado para edificación
Fabricante	COMPACT HABIT SL Marbusca, parcela 27 Poligono Industrial "La Cort" ES08261 Cardona Cataluña, España
Planta(s) de fabricación	Marbusca, parcela 27 Poligono Industrial "La Cort" ES08261 Cardona Cataluña, España
La presente Evaluación Técnica Europea contiene	56 páginas, incluyendo 5 anexos que forman parte del documento
La presente Evaluación Técnica Europea se emite de acuerdo con el Reglamento (UE) 305/2011, en base a	Guía para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo (ETAG) N° 23 <i>Prefabricated building units</i> , Edición agosto 2006, usada como Documento de Evaluación Europeo (DEE)
La presente Evaluación Técnica Europea reemplaza	Documento de Idoneidad Técnica DITE 11/0266 válido desde 30.06.2013 hasta 22.01.2017

Comentarios Generales

Evaluación Técnica Europea emitida en castellano por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC). Las traducciones a otros idiomas deben corresponder completamente con el documento original emitido.

La reproducción de la presente Evaluación Técnica Europea, incluyendo su transmisión por medios electrónicos, debe ser integral. No obstante, puede realizarse una reproducción parcial con el consentimiento por escrito por parte del Organismo de Evaluación Técnica emisor. Cualquier reproducción parcial debe identificarse como tal.

Partes específicas de la Evaluación Técnica Europea

1 Descripción técnica del producto

1.1 Definición del producto de construcción

El producto objeto del presente ETE es el módulo tridimensional monolítico Compact Habit[®] de hormigón armado de alta resistencia opcionalmente combinado con elementos metálicos.

El módulo Compact Habit[®] es un paralelepípedo en que sus generalmente, 4 caras mayores (2 paredes, techo y suelo) son caras nervadas de hormigón armado, y sus, generalmente, 2 caras verticales menores en ambos extremos del módulo, que constituirían las fachadas del edificio, son abiertas y se cierran con la solución de cerramiento que se adopte en cada proyecto.

Las dimensiones máximas y mínimas del módulo para una producción nominal o modificada ligeramente¹, así como sus pesos, se definen en la Tabla 1:

Dimensiones del módulo (mm)	Producción nominal		Producción modificada ligeramente	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Longitud del módulo	1.000	15.000	---	16.800 ²
Longitud del voladizo (a cada extremo del módulo)	0	2.500	---	---
Ancho exterior	3.100	5.000	3.000	5.100
Ancho interior	2.700	4.600	2.600	4.700
Altura exterior	3.040	3.500	3.000	---
Altura exterior con soportes ³	3.060	3.520	3.020	---
Altura interior	2.640	3.100	2.600	---
Luz máxima de cada abertura de pared o de techo y cubierta	0	De acuerdo con cálculos particulares	---	---
Masa aproximada del módulo (kg/m ²)				
• Con una losa de 52 mm de espesor entre nervios	640			
• Con una losa de 80 mm de espesor entre nervios	900	De acuerdo con geometría particular	---	---
• Con una losa doblada de EPS	940			
• Reducción de % de masa usando hormigón aligerado	10			

Tabla 1: Dimensiones principales y masas del módulo de Compact Habit[®].

La disposición del módulo de Compact Habit[®] es flexible desde el punto de vista estructural. La lista de posibles soluciones estructurales del módulo se muestra en el capítulo A2.1 en el anexo 2. Algunos ejemplos de las opciones de diseño del módulo Compact Habit[®] se muestra en la figura 1.

¹ Se consigue una producción modificada ligeramente mediante modificaciones menores de la maquinaria de fabricación.

² El incremento de la longitud, de 15.000 mm a 16.800 mm, solo se consigue en unidades con voladizo.

³ Se trata de la altura en condiciones de servicio (grosor del cojín comprimido + cazoleta = 20 mm).

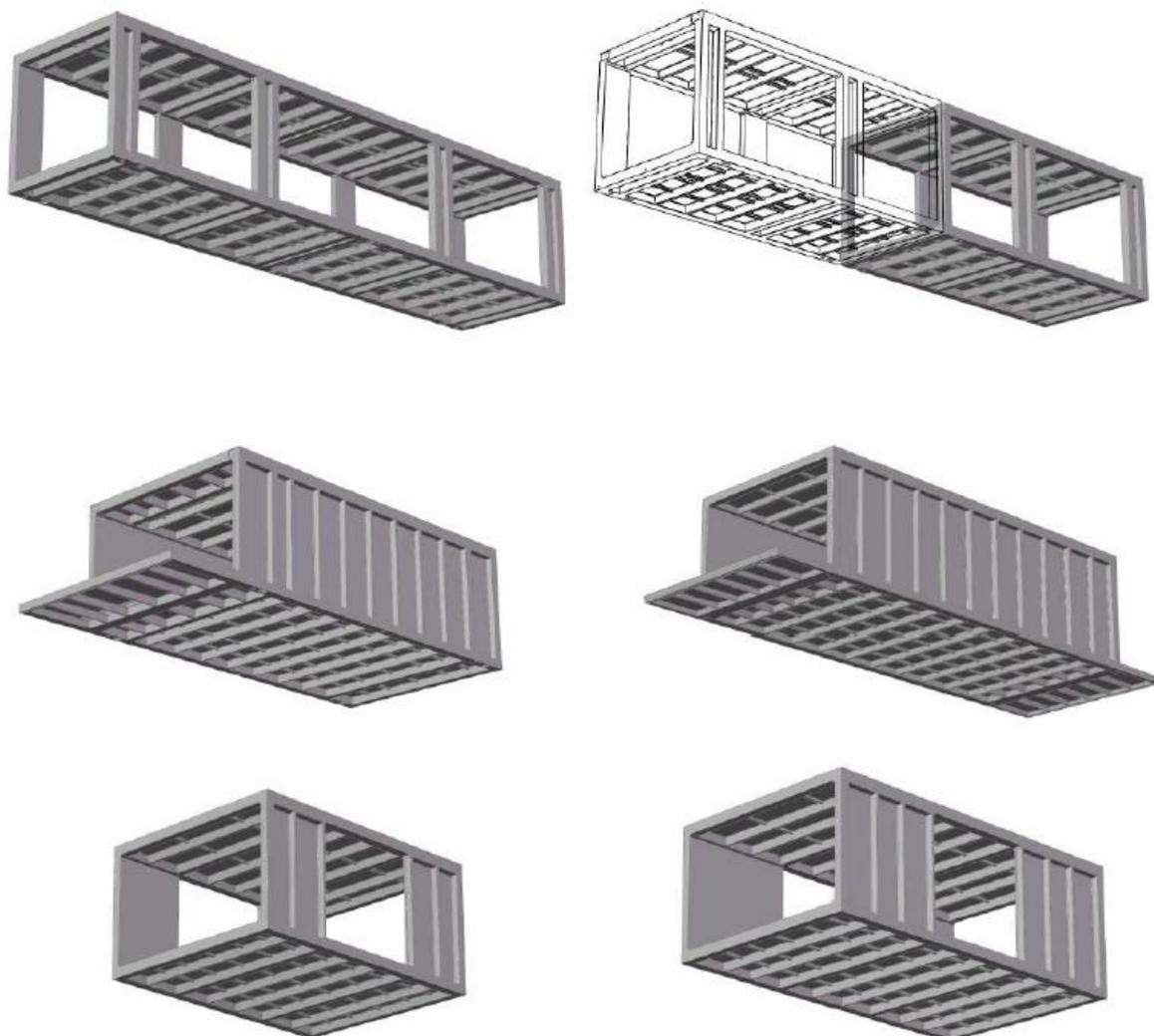


Figura 1. Ejemplos de opciones de diseño del módulo Compact Habit®.

Los criterios involucrados en el diseño estructural de los módulos Compact Habit® (lista no exhaustiva) son los siguientes:

- Dimensiones de la unidad.
- Tipo y dimensiones de la sección estructural.
- Aberturas en paredes, suelo y techo.

Las prestaciones estructurales del módulo Compact Habit® se especifican en el anexo 3. La metodología general para el diseño estructural y la verificación del edificio basado en los módulos de Compact Habit® se muestran en el anexo 4. Los elementos principales del proceso de fabricación de los módulos de Compact Habit®, elementos de cimentación y criterios relevantes de diseño e instalación se muestran en el anexo 5.

El módulo Compact Habit® se completa con los revestimientos interiores, los revestimientos de fachada, acristalamientos y tejado y el conjunto de acabados que dan respuesta en cada caso a los requisitos térmicos, acústicos, de impermeabilidad, estanqueidad y de comportamiento al fuego que sean aplicables en cada proyecto de edificación. Todos estos componentes no forman parte del módulo Compact Habit® que es objeto del presente ETE.

El hormigón prefabricado o las escaleras metálicas usadas para comunicar el módulo con el módulo superior e inferior no forman parte del módulo Compact Habit[®], objeto del presente ETE.

El módulo Compact Habit[®] presenta las siguientes características básicas:

- Módulo con función estructural.
- Módulo autoportante en fase de manipulación y colocación en el edificio, sin necesidad de ningún tipo de estructuras auxiliares durante la construcción del edificio.
- El módulo está concebido para ser desmontable y recolocable. El edificio ensamblado a partir de módulos Compact Habit[®] puede desensamblarse en diferentes módulos Compact Habit[®].
- El módulo tiene el mismo diseño independientemente de su ubicación dentro del edificio: el módulo se ubica en la planta baja, en una planta intermedia, superior, en un extremo del edificio o centrado en este. Por tanto, el módulo Compact Habit[®] se clasifica como módulo tipo A, B, C, D1 y D3⁴, según la clasificación de la guía de ETE 023.
- El módulo dispone de una serie de características de diseño “cerradas” (que no se pueden modificar), y otras que son “abiertas” (que se pueden especificar dentro de unos rangos predefinidos). En este segundo caso, en función de los requisitos particulares que apliquen en cada proyecto y de acuerdo con los criterios de proyecto propios del sistema Compact Habit[®] (que están detallados al Dossier Técnico del titular y que se presentan de forma sintética en el capítulo A5.2 del anexo 5 y en el anexo 4 del ETE), el proyectista especificará a Compact Habit SL los valores de estas características, para que el módulo sea fabricado bajo estas especificaciones.

El diseño estructural del módulo Compact Habit[®] se basa en 4 zunchos de refuerzo longitudinal en el perímetro del módulo, y una sección nervada perpendicular a ellos. Entre los nervios se sitúa una losa. Son posibles diferentes configuraciones del módulo siempre que cumplan estos criterios básicos. Aberturas en paredes, suelos o techos son posibles, así como en voladizos.

Las dimensiones de las paredes, suelos, techos y aberturas en todas las configuraciones posibles dependen de los cálculos estructurales específicos del módulo y del edificio.

El uso de elementos metálicos (productos laminados en caliente de acero para estructuras de acuerdo con EN 10025) en el módulo Compact Habit[®] combinado con la estructura principal de hormigón armado es opcional. Los elementos metálicos se utilizan normalmente como columnas cuando se requieren grandes aberturas de acuerdo con el diseño específico del módulo o edificio.

Los elementos metálicos se encuentran parcialmente embebidos en la estructura de hormigón. Se encuentran desnudos (desprotegidos) en la parte no embebida.

El dimensionamiento de la estructura mixta de acero y hormigón se realiza de acuerdo con EN 1994-1-1

Se pueden utilizar productos de aislamiento térmicos fabricados de poliestireno expandido (EPS) de acuerdo con EN 13163⁵ en paredes, suelo y techo. Su densidad y grosor puede variar para cada proyecto de edificación. El aislamiento térmico se añade al módulo durante su proceso de fabricación en la planta de fabricación.

Las secciones estructurales (secciones nervadas de hormigón armado) que pueden conformar las 4 caras mayores del módulo Compact Habit[®] se resumen en la figura 2. Véase el anexo 1 para los detalles en las variantes de cada configuración y los zunchos perimetrales asociados.

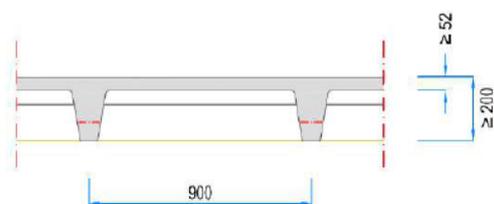
⁴ El módulo no se clasifica como D2 porque no incluye la posibilidad de módulo prefabricado con cubierta inclinada. Se puede construir una cubierta inclinada con una cubierta estructural específica.

⁵ EN 13163: *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.*

Nota: las dimensiones de las figuras de este ETE se expresan en mm, salvo que se indique lo contrario.

Configuración Nº 1: Sección con nervios trapezoidales. Para paredes, suelo y techos.

Cara interior (suelo) y cara exterior (techo)



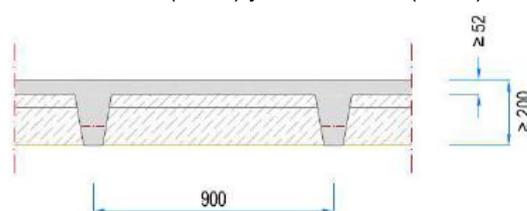
Cara exterior (suelo) y cara interior (techo)

Notas:

- En las paredes los nervios se encuentran normalmente en la cara exterior, pero también pueden encontrarse en la cara interior.
- La luz entre nervios es normalmente ≤ 900 mm, pero puede ser > 900 mm si se justifica debidamente.

Configuración Nº 2: Sección con aislamiento entre nervios trapezoidales. Para paredes, suelo y techos.

Cara interior (suelo) y cara exterior (techo)



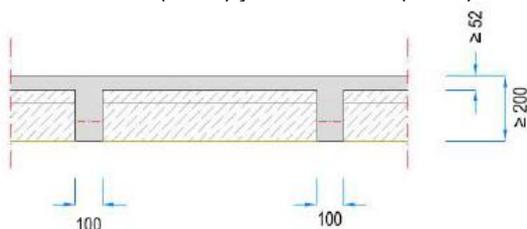
Cara exterior (suelo) y cara interior (techo)

Notas:

- En las paredes los nervios se encuentran normalmente en la cara exterior, pero también pueden encontrarse en la cara interior.
- La luz entre nervios es normalmente ≤ 900 mm, pero puede ser > 900 mm si se justifica debidamente.

Configuración Nº 3: Sección con aislamiento entre nervios rectangulares. Para paredes, suelo y techos.

Cara interior (suelo) y cara exterior (techo)



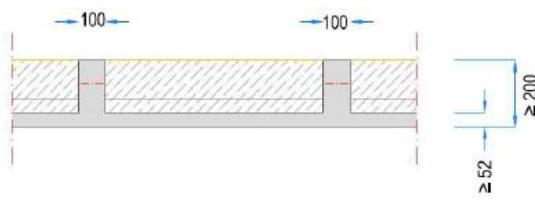
Cara exterior (suelo) y cara interior (techo)

Notas:

- En las paredes los nervios se encuentran normalmente en la cara exterior, pero también pueden encontrarse en la cara interior.
- La luz entre nervios es normalmente ≤ 900 mm, pero puede ser > 900 mm si se justifica debidamente.

Configuración Nº 4: Sección con aislamiento entre nervios rectangulares. Para techos.

Cara exterior



Cara interior

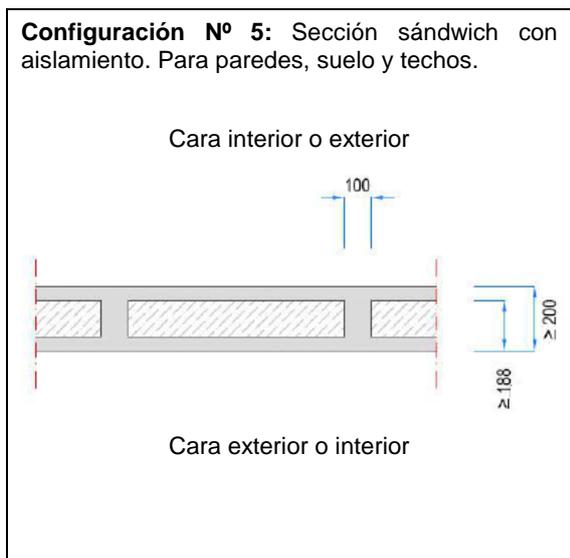


Figura 2. Secciones estructurales del módulo Compact Habit®.

El módulo Compact Habit® puede incorporar voladizos en uno o en ambos extremos, que consisten en un prolongación del suelo o del techo del módulo. El voladizo responde fundamentalmente al mismo nervado que el del resto del módulo, y tiene un canto decreciente para crear la pendiente de evacuación de agua de lluvia, y una longitud máxima que se indica en la tabla 1.

La constitución básica del módulo Compact Habit® usando la configuración nº 1 de las secciones estructurales queda descrita en la figura 3:

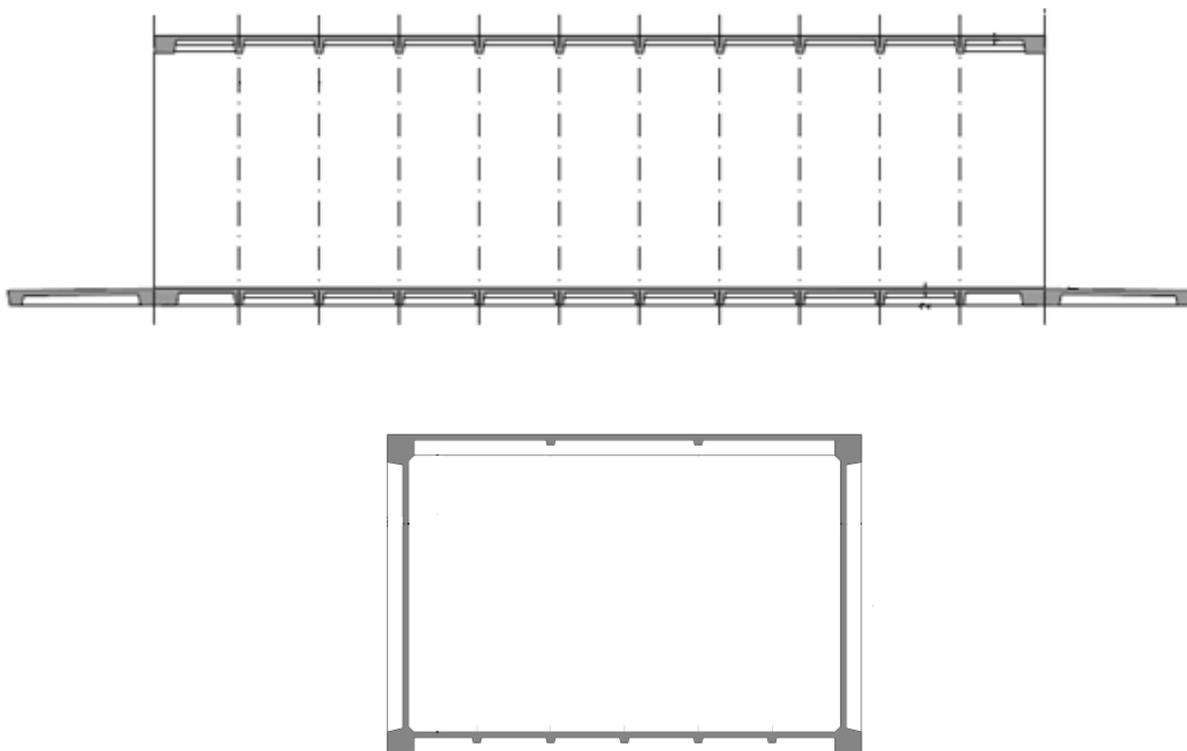


Figura 3. Sección lateral y frontal del módulo Compact Habit®.

El módulo Compact Habit[®] presenta los siguientes elementos de unión a los módulos vecinos, ya sean los módulos en la dirección vertical u horizontal:

- Unión vertical entre módulos (conos de posicionamiento y de cortante): la unión entre un módulo y el módulo superior se hace a través de un elemento troncocónico o vaina metálica que penetra en los alojamientos cilíndricos integrados en el módulo inferior y en el superior.

El módulo cuenta con el número de conos de posicionamiento y de cortante requeridos en cada caso, dependiendo de las condiciones específicas:

- Las prestaciones mecánicas de los conos de posicionamiento se especifican en el anexo 3.
- El número mínimo es 2 conos de posicionamiento y de cortante en cada suelo y módulo, que se colocarán necesariamente en esquinas opuestas del módulo.
- Si se prevén acciones horizontales mayores en el edificio, el número de conos de posicionamiento y de cortante debe incrementarse.
- Los conos de posicionamiento se colocan a 125 mm del canto lateral y como mínimo a 250 mm del canto transversal.

La función básica de estos puntos de unión es crear la necesaria continuidad vertical del edificio, es decir, resistir las acciones horizontales que se establezcan entre 2 módulos consecutivos como consecuencia de posibles acciones horizontales (viento y sismo, fundamentalmente).

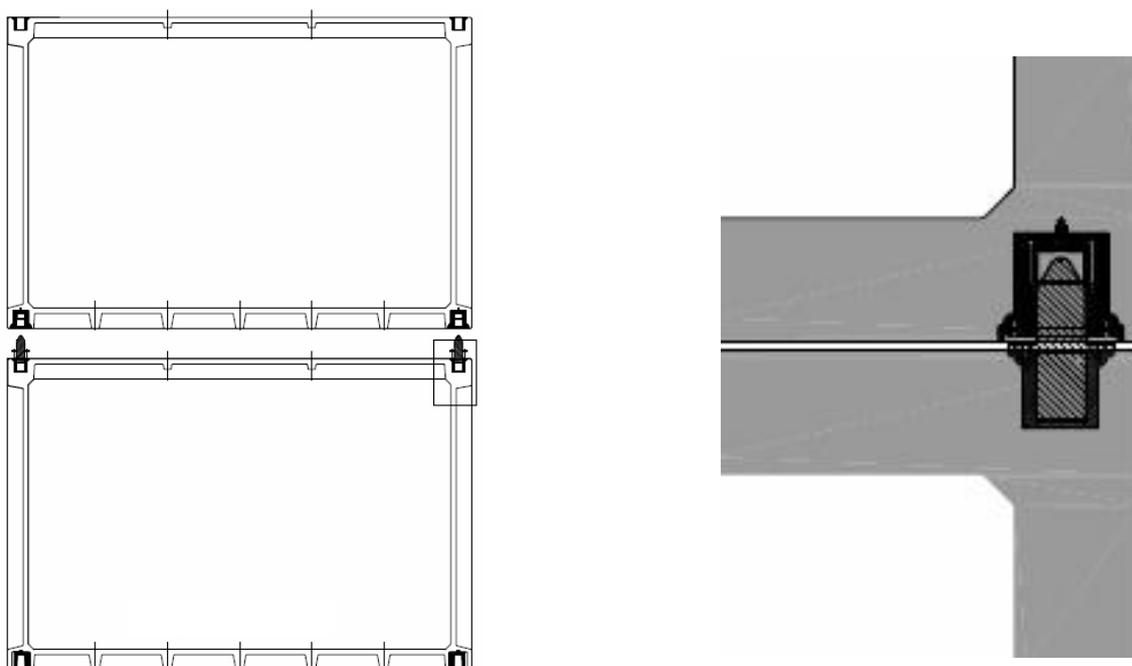
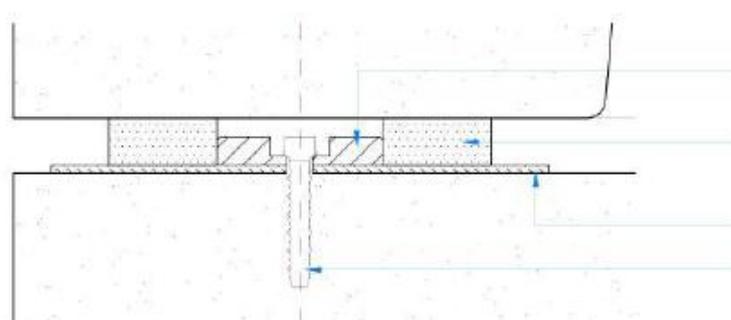
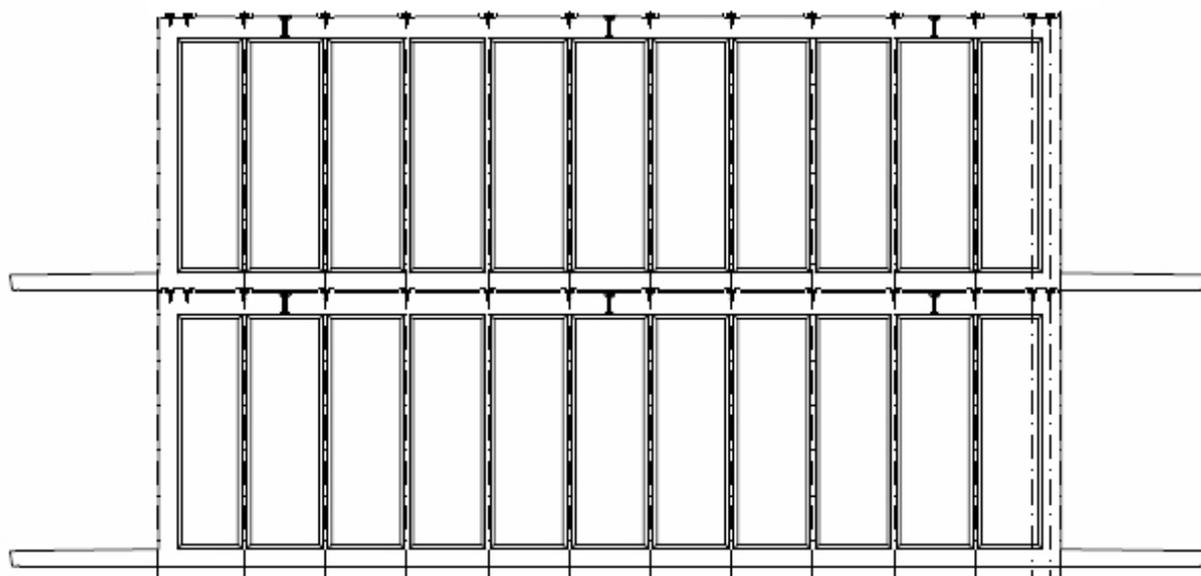
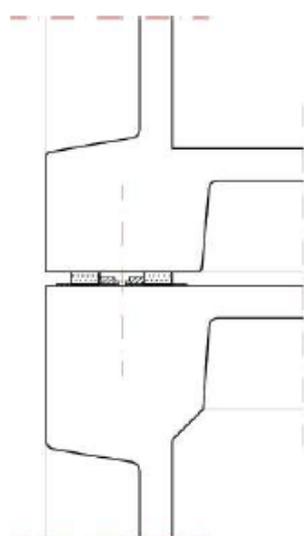


Figura 4. Unión vertical entre módulos a través de los conos de posicionamiento y cortante.

- Apoyos verticales entre módulos: las acciones verticales entre módulos se transmiten a través de puntos de apoyo distribuidos uniformemente a lo largo de los zunchos de cada módulo. El número de puntos de apoyo de un módulo decrece a medida que decrece el número de plantas del edificio por encima de él.



1. Cazoleta de apoyo
2. Cojín metálico
3. Placa metálica
4. Tornillo



Suelo

Techo estructural

Figura 5. Apoyo vertical de los módulos.

- Anclaje vertical (entre módulos): esta unión se utiliza cuando se prevén esfuerzos de tracción verticales entre módulos (por ejemplo en situaciones sísmicas). Esta unión se basa en una varilla roscada que se fija a una tuerca embebida. Esta varilla se fija posteriormente a otra tuerca.
- Se situarán en áreas con un nervio doble o en áreas armadas para esfuerzos de tracción, y lo más cerca posible del eje estructural de las paredes. El área debe armarse frente a flexiones excéntricas y esfuerzos cortantes.
- Los anclajes en el módulo pueden colocarse simétrica o asimétricamente en relación a cualquier eje.

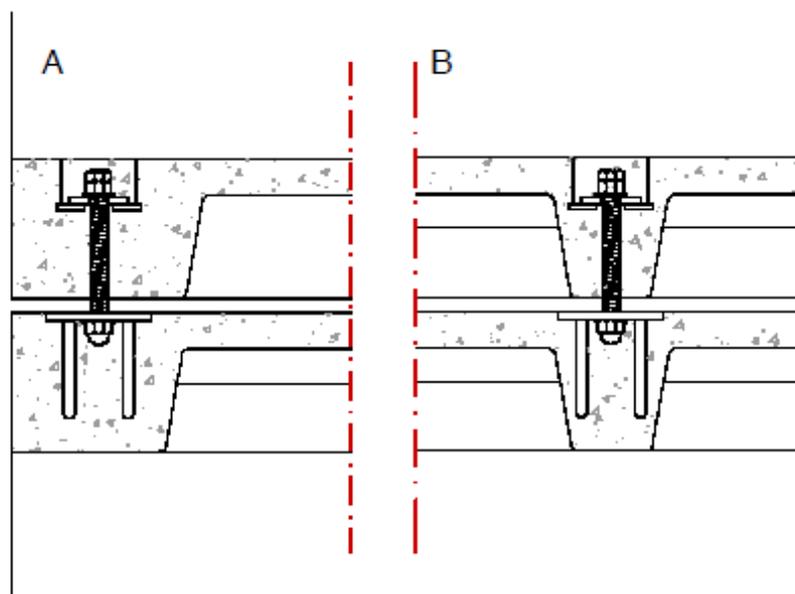


Figura 6. Secciones longitudinales de anclaje vertical. Nervios del extremo (A) e intermedios del módulo (B).

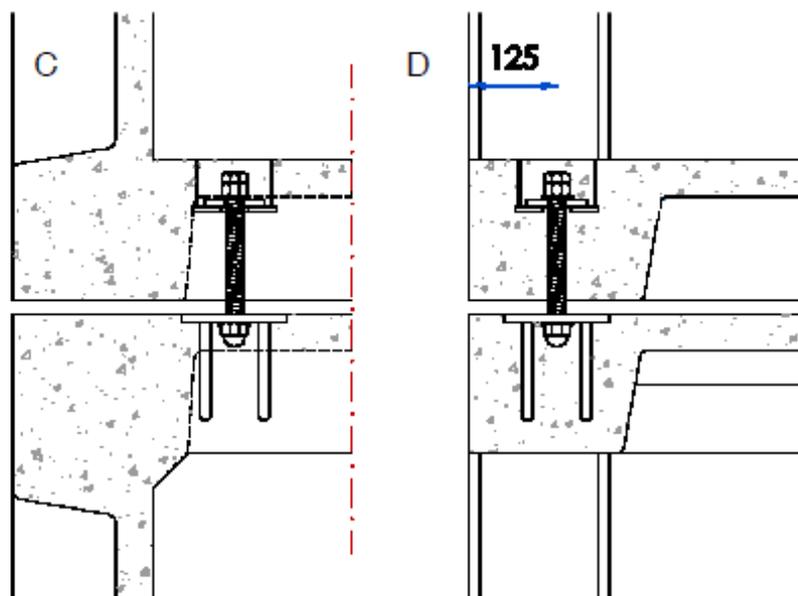


Figura 7. Secciones transversales del anclaje vertical. Sin aberturas (C) y en losa armada de una abertura (D).

- Unión horizontal (entre módulos contiguos lateralmente):

El sistema ofrece dos posibles soluciones para la unión lateral, ambas basadas en elementos metálicos roscados.

Solución 1: elementos de unión insertos en la superficie horizontal superior de las dos unidades a unir (véase la figura 8a).

Esta unión está diseñada para actuar como una rótula articulada debido a la libertad de movimiento en todas las direcciones entre el tornillo y las arandelas de fijación, restringiendo el movimiento en la dirección longitudinal del tornillo.

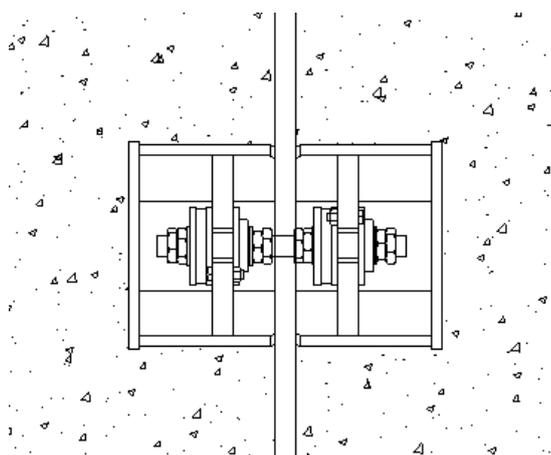


Figura 8a: Unión horizontal en techo (solución 1 de unión horizontal de módulos).

Solución 2: elementos de conexión situados en la superficie vertical frontal de los dos módulos a unir (véase la figura 8b). Se sitúan generalmente en la esquina superior del módulo, aunque también se pueden situar en las esquinas inferiores.

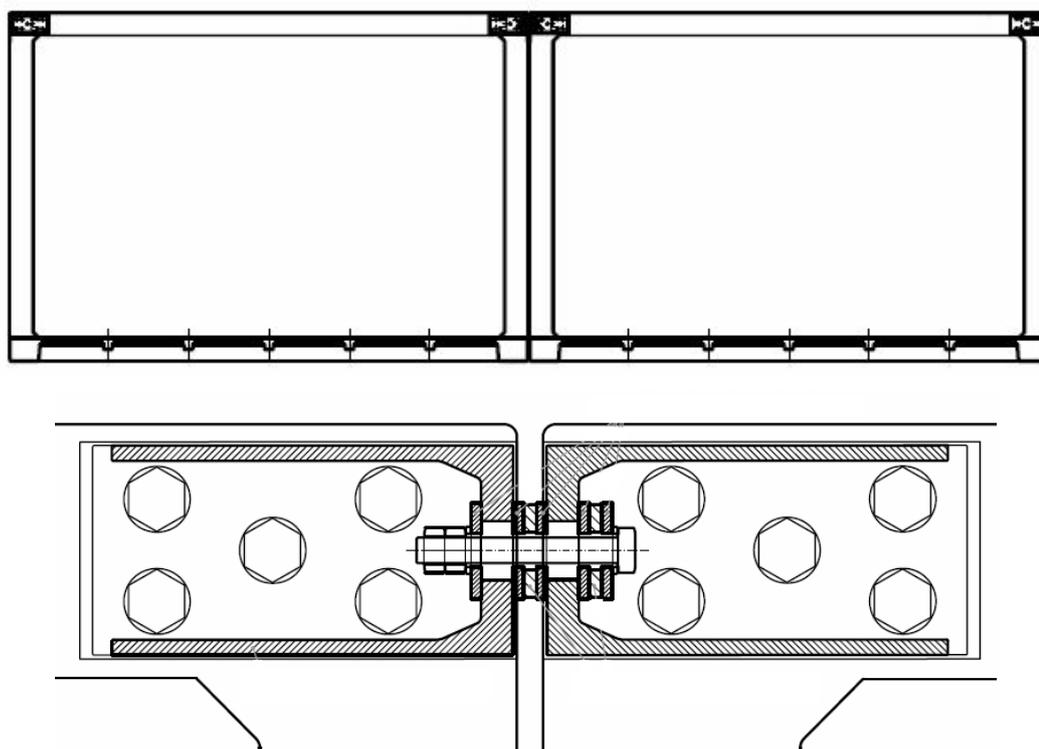


Figura 8b: Unión horizontal en fachada (solución 2 de unión horizontal de módulos).

La función de estas uniones horizontales es crear continuidad horizontal entre las diferentes columnas de módulos del edificio, para que estas se comporten unitariamente frente a las acciones horizontales de sismo, evitando de esta manera posibles choques entre las columnas de módulos que puedan constituir el edificio.

Las uniones verticales, los apoyos verticales y las uniones horizontales (solución 1 y solución 2) incluyen una capa elástica intermedia que hace posible que la unión entre módulos no sea rígida, cosa que está destinada a hacer posible un buen comportamiento acústico entre los diferentes módulos del edificio.

Esta capa elástica queda constituida por un cojín de acero inoxidable tricotado, de diferentes grosores, dimensiones y densidad de malla, para cada uno de los tres tipos de unión. El rango de trabajo de estos cojines se ajusta a través de un pretensado, en el caso de los cojines que actúen en la dirección horizontal, y a través del cálculo del número de apoyos adecuados, en el caso de los apoyos verticales (que condiciona la tensión de compresión de trabajo), para que el comportamiento (tensión-deformación) de los cojines sea lineal y de modo que la deformación en el rango de esfuerzos considerado sea admisible.

Los elementos de anclaje asociados a los elementos de unión anteriormente descritos se incorporan al módulo previamente a su hormigonado:

- Anclajes para recibir los apoyos: se ubican en los zunchos longitudinales de la cara superior del módulo, sobre los nervios de las paredes.
- Anclajes de las placas de unión lateral entre módulos.
- Anclajes de las placas de unión y tuercas para uniones verticales de módulo.
- Además, el proyecto puede contemplar la inserción de elementos adicionales, contemplados en el proyecto del edificio, que se incorporarán al módulo antes de su hormigonado, respetando los criterios de posicionamiento definidos por Compact Habit®.

Por otro lado, el módulo también integra los anclajes y los elementos necesarios para su transporte y manipulación en obra:

- Anclajes para la manipulación del módulo: se ubican en los zunchos longitudinales de la cara superior del módulo, a media luz de los nervios de las paredes (3 o 4 anclajes en cada zuncho).
- Anclajes para la fijación al transporte: situados en la parte inferior de las paredes laterales, sirven para la fijación del módulo al remolque.

En el anexo 2 del ETE se incluye una descripción más detallada de los elementos anteriores. En el anexo también se detallan las especificaciones de los materiales que constituyen el módulo Compact Habit®.

La caracterización completa de los productos anteriores queda detallada en el Dossier Técnico del titular del módulo, una copia del cual ha sido depositada en el ITeC.

1.2 Componentes auxiliares del sistema Compact Habit®: elementos prefabricados de cimentación

El sistema dispone de tres posibles soluciones para la ejecución de la cimentación. El requisito para todas ellas es que la posición de los elementos de unión vertical del primer módulo Compact Habit® cumplan con las tolerancias geométricas requeridas que hagan posible su correcta inserción.

Solución 1: cimentación realizada en obra

La cimentación se ejecuta en obra e incluye los siguientes componentes:

- Vaina y estribos: este elemento se prepara en fábrica y se coloca en obra embebiéndolo en el plano superior de la cimentación antes de hormigonar.
- Funda de acero: se coloca dentro de la vaina para asegurar un correcto posicionamiento del módulo y asegurar un nivel horizontal correcto entre los otros puntos de soporte.

Véanse más detalles en el anexo 2.

Solución 2: Viga de cimentación

Vigas de cimentación prefabricadas Compact Habit[®] colocadas sobre zapatas de cimentación hechas en obra, y trabadas transversalmente con elementos de traba convencionales, de hormigón armado, hechos en obra.

Véanse más detalles en el anexo 2.

Solución 3: Cimentación prefabricada

Elemento de cimentación totalmente prefabricado, que solamente requiere de una capa delgada (10 cm aprox.) de hormigón de preparación del terreno. Esta solución permite que la totalidad del edificio (incluido el elemento de cimentación) sea desmontable.

Estas cimentaciones prefabricadas comprenden los siguientes elementos:

- Cimentaciones prefabricadas: presentan dos variantes, en función de si se sitúan en las líneas de carga interiores del edificio, o en el perímetro exterior del edificio. El elemento de cimentación prefabricado interior ofrece doble línea de inserciones, mientras que el exterior ofrece una única línea de inserciones; las dimensiones y armados en ambos casos son idénticos (véase el anexo 2).
- Trabas prefabricadas: trabas de hormigón armado que unen transversalmente las líneas principales de las cimentaciones; estas trabas se unen a los elementos de cimentación a través de anclajes roscados.

Véanse más detalles en el anexo 2.

2 Especificación del uso(s) previsto(s) de acuerdo con el DEE aplicable

El uso previsto para el módulo Compact Habit[®] es la construcción de cualquier edificios siempre que se cumplan los requisitos reglamentarios.

Los módulos Compact Habit[®], una vez apilados y unidos entre ellos, constituyen la estructura y la compartimentación básica del edificio, que consiste en una matriz de módulos independientes e interconectados. Este sistema permite la modulación del edificio y se concibe para conseguir un buen comportamiento de aislamiento acústico entre módulos.

Esta configuración conlleva la duplicidad estructural y de elementos de compartimentación entre módulos: el módulo dispone de un techo estructural que es independiente del suelo de la unidad que se encuentra encima, cosa que también sucede con las paredes entre módulos contiguos.

Esta estructura básica debe ser complementada con los elementos de aislamiento térmico suplementarios, de revestimiento y de acabado interior y exterior del edificio que en cada proyecto sean necesarios para cumplir los requisitos de aislamiento térmico y acústico, de impermeabilidad al agua, de resistencia al fuego y los requisitos estéticos que en cada caso se consideren.

Todos estos elementos de revestimiento y acabado no forman parte del módulo Compact Habit[®] cubierto por el presente ETE y, por tanto, las prestaciones recogidas en el presente ETE hacen referencia al módulo desnudo incluyendo el aislamiento térmico entre nervios de la sección estructural, que sí forma parte del módulo. Sin embargo, Compact Habit SL incorpora de fábrica los mencionados elementos suplementarios de revestimiento y acabado interiores al módulo, que se especifican en función de las necesidades propias de cada proyecto, mientras que los revestimientos exteriores de fachada y de cubierta se incorporan en obra.

El número máximo de plantas de un edificio usando módulos Compact Habit[®] lo determina el cálculo estructural de cada edificio y generalmente queda condicionado por las acciones horizontales actuantes; en el caso de edificios de una sola columna de módulos el criterio limitante es generalmente la acción del viento, mientras que en el caso de 2 o más columnas, es generalmente limitante la acción del sismo (estos criterios de proyecto están detallados en el capítulo A5.2 del anexo 5).

El módulo constituye la unidad de distribución básica, cuyas dimensiones principales se indican en la tabla 1. El edificio puede considerar unidades de mayores dimensiones a través de:

- la comunicación lateral entre módulos contiguos de la misma planta, cosa que es posible por medio de la ejecución de aberturas sobre las correspondientes paredes del módulo (véase el capítulo A5.2 del anexo 5).

o a

- la comunicación vertical entre módulos contiguos mediante aberturas en sus suelos y techos. La comunicación vertical del edificio puede conseguirse también a través de elementos y estructuras ajenas al apilamiento de módulos Compact Habit[®] como cajas de ascensores o escaleras autoportantes independientes de la estructura del edificio.

El edificio de módulos Compact Habit[®] puede arrancar sobre:

- Cimentaciones: el edificio Compact Habit[®] puede arrancar bien sobre las vigas de cimentación, sobre las cimentaciones prefabricadas o sobre la cimentación ejecutada en obra.
- Estructura existente ajena al sistema Compact Habit[®], ya sea subterránea o no: en este caso hace falta interponer una viga de cimentación prefabricada de diseño específico, que tendrá que incorporar los elementos de conexión necesarios, y que se dimensionará caso por caso.

En cualquier de los casos anteriores el edificio de módulos Compact Habit[®] requiere de una superficie de arranque que presente unas condiciones dimensionales adecuadas y que incorpore los elementos de conexión propios del sistema Compact Habit[®].

La evaluación realizada en el presente ETE se ha basado en una estimación de la vida útil del módulo prefabricado de hormigón de 50 años. Esta evaluación se basa en el estado del arte actual y en la experiencia y conocimientos previos adquiridos.

Esta indicación de vida útil del producto constructivo no ha de interpretarse como una garantía, sino que se ha de considerar como un medio para la correcta elección del producto con relación a la vida útil de las obras.

La evaluación del sistema hecha de acuerdo con la guía de DITE 023 cubre su uso como estructuras no disipativas ($q \leq 1,5$ de acuerdo con Eurocódigo 8-EN 1998-1). En el anexo 3 del presente ETE se indican criterios específicos del sistema con relación a la reglamentación sísmica española (NCSE-02).

3 Prestaciones del producto y referencia a los métodos de evaluación

La evaluación de los módulos Compact Habit[®] a su uso previsto considerando los requisitos básicos de las obras de construcción 1, 2, 3, 4, 5 y 6, se realizó de acuerdo con la Guía para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo 023, de *Módulos prefabricados de edificación* (edición agosto 2006).

Tal como se ha descrito en el capítulo 1.1, el módulo Compact Habit[®] presenta las siguientes variantes:

- Variantes de dimensiones, sobre las dimensiones de referencia indicadas en la tabla 1.
- Opciones de diseño (véase la figura 1 y la figura A2.1).
- Secciones estructurales (véase la figura 2 y el anexo 1).

3.1 Características del sistema

3.1.1 Resistencia mecánica y estabilidad (BWR 1)

Las propiedades resistentes de los módulos Compact Habit[®] se declararán de acuerdo con los siguientes métodos descritos en la Guidance Paper L⁶:

- Método 3b para secciones de hormigón estructural y/o acero, en que el fabricante ha diseñado y producido dichos elementos siguiendo los requisitos del cliente, de acuerdo con las Disposiciones Nacionales aplicables a las obras.

⁶ Guidance Paper L: Application and use of Eurocodes. November 2003.

- Método 2 para elementos de unión vertical y horizontal, soportes verticales, elementos de manipulación y levantamiento, que consiste en la determinación de las propiedades mediante EN Eurocódigos (con el resultado expresado como valores característicos y valores de diseño).

Los datos de entrada para el fabricante para determinar propiedades mecánicas de las secciones de hormigón estructural y/o acero de acuerdo con el método 3b usando el Eurocódigo 2⁷ y el Eurocódigo 4⁸, se muestran en el anexo 1 (tipo de sección estructural) y en el anexo 2 (características de los materiales constituyentes). La resistencia de las uniones entre módulos Compact Habit[®] de acuerdo con el método 2 se muestra en el anexo 3.

El dimensionamiento y comprobación estructural de un edificio concebido con módulos Compact Habit[®] se lleva a cabo de acuerdo con los criterios definidos en el capítulo A5.2 del anexo 5.

El módulo Compact Habit[®] permite la correcta construcción de las tipologías de edificio previstas (véase la figura 1 y el anexo 2), siempre que estos edificios sean concebidos y ejecutados de acuerdo con los criterios recogidos al presente ETE, y de acuerdo con la información de detalle contenida en el Dossier Técnico del titular.

3.1.2 Seguridad en caso de incendio (BWR 2)

3.1.2.1 Reacción al fuego

La clase de reacción al fuego de los componentes del sistema Compact Habit[®] según la norma EN 13501-1 se especifica en la Tabla 2, de acuerdo con las condiciones establecidas en la Decisión 96/603/CE⁹.

Componente	Clasificación
Secciones de hormigón armado del módulo Compact Habit [®] :	---
<ul style="list-style-type: none"> sin aislamiento 	Clase A1
<ul style="list-style-type: none"> con aislamiento entre nervios 	Según la reacción al fuego del tipo de aislamiento usado
<ul style="list-style-type: none"> con aislamiento en las secciones sándwich estructurales 	Según la reacción al fuego del tipo de aislamiento usado
Elemento de acero del módulo Compact Habit [®]	Clase A1
Viga de cimentación	Clase A1
Cimentación prefabricada	Clase A1

Tabla 2: Clasificación de la reacción al fuego del Sistema Compact Habit[®].

Los diferentes componentes de unión del sistema Compact Habit[®] son en todos los casos elementos metálicos, de manera que se clasifican igualmente como Clase A1.

3.1.2.2 Resistencia al fuego

La resistencia al fuego del módulo de Compact Habit[®] debe determinarse para cada módulo o proyecto de edificio.

Las tres situaciones siguientes se presentan de acuerdo con los materiales mediante los cuales se fabrican los módulos:

⁷ EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings.

⁸ EN 1994-1-1: Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structure. Part 1-1: General rules and rules for buildings.

⁹ Decisión 96/603/EC, en la que se establece la lista de productos clasificados a la clase A "sin contribución al fuego", modificada por la Decisión 2000/605/EC.

a) Módulos Compact Habit[®] realizados exclusivamente de hormigón armado:

La resistencia al fuego de cada diseño específico del módulo Compact Habit[®] será determinada por Compact Habit SL de acuerdo con las reglas del Eurocódigo 2, teniendo en cuenta las geometrías de las secciones transversales, las tolerancias y recubrimientos especificados en el anexo 2, así como las siguientes consideraciones:

- Paredes: aplicar los criterios para las columnas de EN 1992-1-2¹⁰ a los nervios de la estructura. Adicionalmente, el grosor de los tramos planos entre nervios puede considerarse para los requisitos EI.
- Suelo y techo estructural: aplicar los criterios para las losas nervadas armadas de EN 1992-1-2¹⁰.

La resistencia al fuego del módulo Compact Habit[®] puede llegar a R30 para las dimensiones menores del rango. Se pueden conseguir mayores niveles en módulos Compact Habit[®] incrementando la sección de hormigón que protege los refuerzos, siguiendo las reglas de EN 1992-1-2¹⁰.

Algunas configuraciones de secciones estructurales para paredes, suelos y techos son posibles: nervios trapezoidales, nervios rectangulares y secciones sándwich, con los nervios encarados al exterior o al interior, y con o sin aislamiento (véase el anexo 1 para más detalles).

Cuando se esté seleccionando el revestimiento interior del sistema, las secciones estructurales más limitantes serán aquéllas con los nervios encarados hacia el interior, debido a que las barras de refuerzo se sitúan en los nervios de las secciones estructurales.

Por otro lado, es necesario indicar que el hecho que los módulos sean elementos con forma de caja implica que entre dos módulos contiguos se doble siempre la pared de separación o el suelo. Esta duplicación puede tener un efecto aditivo en criterios EI de resistencia al fuego y no en criterios R (la prestación R de una pared doble es la misma que la prestación de una pared simple, por ejemplo R30).

Estos criterios son genéricos y tienen que considerarse y adaptarse a las condiciones específicas y requisitos de cada edificio, una vez los revestimientos interiores y los pavimentos se hayan especificado en el proyecto.

b) Módulos Compact Habit[®] realizados de estructuras mixtas de acero y hormigón:

La resistencia al fuego del módulo Compact Habit[®] desnudo y con elementos metálicos desprotegidos que forman parte de la estructura de hormigón armado queda, en general, limitada por la resistencia al fuego de los elementos metálicos. La resistencia al fuego de la estructura mixta de acero y hormigón para cada diseño de módulo Compact Habit[®] y edificio se determinará de acuerdo con EN 1994-1-2¹¹.

c) Módulo Compact Habit[®] con mortero de protección al fuego:

Se puede usar un mortero para aplicaciones de resistencia al fuego (TECWOOL F[®] de TECRESA Protección Pasiva SL con el ETE 11/0185). El mortero se aplica mediante proyección sobre la superficie exterior de los módulos de hormigón.

La superficie exterior del módulo Compact Habit[®] está protegida de las condiciones ambientales exteriores. Por tanto, las categorías de uso previstas del mortero de protección corresponden al tipo Z₁ o Z₂ de acuerdo con ETAG 018-3: *Fire protective products. Part 3: Renderings and Rendering kits intended for fire resisting applications.*

La resistencia al fuego del módulo Compact Habit[®] con un mortero de protección al fuego se determina por combinación de las propiedades de las secciones estructurales de acero y las propiedades del mortero de protección al fuego para cada diseño de módulo y edificio.

En todas estas tres situaciones mencionadas anteriormente (exclusivamente hormigón armado, estructuras mixtas de acero y hormigón y mortero de protección al fuego) las uniones entre módulos Compact Habit[®] (tanto los elementos de anclaje como los elementos de unión) se embeben siempre en

¹⁰ EN 1992-1-2 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-2: General rules – Structural fire design.

¹¹ EN 1994-1-2 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures. Part 1-2: General Rules. Structural fire design.

un bloque grueso de hormigón armado (vigas perimetrales principales del módulo), que protege estos elementos de un fuego proveniente del interior del edificio. El recubrimiento de hormigón puede exceder el de los elementos de refuerzo así que la clase R30 de resistencia al fuego o superior (bajo verificaciones específicas) se puede conseguir desde el punto de vista de las uniones entre módulos.

3.1.2.3 Comportamiento al fuego exterior

El comportamiento al fuego exterior del módulo Compact Habit[®] no ha sido evaluado, ya que el módulo no constituye nunca la capa exterior de revestimiento de la envolvente del edificio.

La solución de revestimiento de fachada o de cubierta que se adopte en cada edificio tendrá que cumplir las exigencias de comportamiento al fuego exterior que apliquen en cada caso.

3.1.2.4 Compartimentación al fuego

La compartimentación al fuego del módulo Compact Habit[®] no ha sido evaluada, ya que los elementos del módulo que pueden actuar como compartimentación al fuego del edificio son las paredes del módulo (doble pared formada por la pared de cada uno de los dos módulos contiguos) y los techos del módulo (suelo + techo), incluyendo sus posibles revestimientos que en cada proyecto se adopten.

3.1.3 Higiene, salud y medio ambiente (BWR 3)

3.1.3.1 Permeabilidad al vapor y resistencia a la humedad

Las propiedades higrotérmicas de los materiales que constituyen el módulo Compact Habit[®] son las que se indican a continuación:

- Hormigón armado (EN 12524):
 - o Conductividad térmica de diseño: 2,50 W/m·K
 - o Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ : 130 (en seco), 80 (en húmedo)
- Elementos metálicos (EN 12524):
 - o Conductividad térmica de diseño: 50 W/m·K
 - o Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ : ∞
- Aislamiento: la conductividad térmica y la resistencia a la difusión de vapor de agua se toman de la DdP (Declaración de Prestaciones) del aislamiento.
- Mortero de protección al fuego (ETA 11/0185): la conductividad térmica y el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua se toman de la DdP (Declaración de Prestaciones).

El comportamiento higrotérmico del edificio dependerá en gran medida de las prestaciones higrotérmicas de los revestimientos interiores y exteriores del edificio, que son ajenos al módulo Compact Habit[®]. El proyecto tendrá que comprobar el comportamiento higrotérmico (condensaciones superficiales e intersticiales), teniendo en cuenta las condiciones higrotérmicas del ambiente interior y las condiciones climáticas exteriores.

El análisis del comportamiento higrotérmico del edificio construido con módulos Compact Habit[®] tendrá que tener en cuenta los siguientes factores, que son característicos del sistema Compact Habit[®]:

- La configuración de la sección estructural a verificar (véase el anexo 1), la orientación de los nervios (hacia el interior o el exterior) en las caras nervadas, así como la existencia o no de aislamiento en dichas secciones.

El grosor del aislamiento en las secciones estructurales se definirá de acuerdo con cada proyecto, y generalmente corresponderá con el espesor de los nervios.

- Se pueden formar las siguientes cámaras de aire, las dimensiones de las cuáles serán acorde con las dimensiones de la sección estructural:

Cara exterior del módulo:

- o Entre dos módulos contiguos, en la dirección vertical del flujo de calor (una o dos caras nervadas sin aislamiento).

- Entre dos módulos contiguos, en la dirección horizontal del flujo de calor (una o dos caras nervadas sin aislamiento).
- Entre el revestimiento exterior de fachada del edificio y la cara nervada exterior de la pared exterior del módulo: cámara de aire poco ventilada¹².

Cara interior del módulo:

- Entre el revestimiento interior del módulo y la cara nervada interior del techo del módulo.
- El edificio puede acabarse con pavimentos interiores, revestimientos interiores de paredes y techos y revestimientos de fachada, dependiendo de cada proyecto de edificación particular.

3.1.3.2 Estanqueidad al agua (revestimientos exteriores e interiores)

La estanqueidad al agua del módulo Compact Habit[®] no ha sido evaluada, ya que el módulo no constituye nunca la capa exterior de revestimiento de la fachada o de la cubierta del edificio, ni la capa de acabado interior de este y, por tanto, no cumple esta función de estanqueidad.

Las soluciones de revestimiento de fachada o de cubierta, y de revestimiento y acabado interior que se adopten en cada edificio tendrán que cumplir las exigencias de estanqueidad que apliquen en cada caso.

3.1.3.3 Contenido/emisión de sustancias peligrosas

El contenido y/o emisión de sustancias peligrosas del módulo Compact Habit[®] no ha sido evaluado.

De acuerdo con la declaración del fabricante, el módulo Compact Habit[®] cumple la legislación vigente española en materia de sustancias peligrosas.

Además de las cláusulas específicas relativas a sustancias peligrosas contenidas en este ETE, pueden existir otros requisitos aplicables a los productos dentro de su ámbito de aplicación. Para cumplir las disposiciones del Reglamento de Productos de la Construcción, estos requisitos también han de cumplirse, cuando y donde apliquen.

3.1.4 Seguridad de uso (BWR 4)

3.1.4.1 Resbaladidad de los pavimentos

La resbaladidad de los pavimentos del módulo Compact Habit[®] no ha sido evaluada, ya que el módulo Compact Habit[®] no incluye la solución de acabado de suelos.

La solución de acabado de suelos que se escogja en proyecto tendrá que cumplir los requisitos de resbaladidad que apliquen al proyecto.

3.1.4.2 Riesgo de caídas a causa de discontinuidades y desniveles de los suelos

El suelo del módulo Compact Habit[®] no presenta desniveles, excepto cuando se requiere un nivel inferior para proveer la instalación de elementos auxiliares, por ejemplo: un plato de ducha.

En función de la solución de pavimento que se escoja en proyecto, se tendrá que comprobar que este pavimento cumpla los requisitos de discontinuidades que apliquen al proyecto.

Las escaleras prefabricadas de hormigón o acero que proporcionan una comunicación vertical entre módulos a través de las aberturas en el suelo y en el techo no forman parte del módulo Compact Habit[®].

3.1.4.3 Resistencia a cargas excéntricas y resistencia a los impactos

La resistencia a las cargas excéntricas y resistencia a los impactos del módulo Compact Habit[®] es satisfactoria para los usos previstos.

¹²El nivel de ventilación de la cámara dependerá de la tipología y resolución del revestimiento de fachada y de las dimensiones de la sección estructural.

La solución de revestimiento interior que se adopte en proyecto tendrá que cumplir los requisitos de resistencia a las cargas excéntricas y resistencia a los impactos que apliquen al proyecto, que generalmente serán función del uso del edificio.

La fijación de las cargas suspendidas del edificio tendrá que realizarse de acuerdo con los criterios siguientes:

- Fijaciones por el interior del módulo: las cargas ligeras se fijarán sobre el revestimiento interior, de acuerdo con los criterios propios del revestimiento seleccionado, mientras que las cargas más pesadas se podrán fijar al módulo, siempre que no interfieran con las armaduras principales.
- Fijación por el exterior del módulo (fachada): estas fijaciones sólo se podrán hacer sobre los zunchos verticales y horizontales de los módulos.
- Las posiciones permitidas, distancias y profundidad de las fijaciones químicas o mecánicas de acuerdo con el tipo de sección estructural del módulo, se detallan en el Dossier Técnico del titular, y se suministra como parte de las instrucciones.

3.1.5 Protección frente al ruido (BWR 5)

3.1.5.1 Aislamiento al ruido aéreo

El aislamiento al ruido aéreo del módulo Compact Habit[®] no ha sido evaluado.

3.1.5.2 Aislamiento al ruido de impacto

El aislamiento al ruido de impacto de los suelos del módulo Compact Habit[®] no ha sido evaluado.

En el momento de hacer el análisis del comportamiento acústico de un edificio construido con módulos Compact Habit[®] deben tenerse en cuenta los siguientes factores, que son característicos de este módulo:

- El módulo es un elemento tridimensional continuo (no presenta ninguna junta) sólo interrumpido por las aberturas.
- Los cerramientos que separan dos módulos contiguos están siempre duplicados, tanto en la dirección vertical del edificio como en la dirección horizontal. Por el contrario, el cerramiento es único en los módulos que se sitúan en el perímetro del edificio.
- Las conexiones entre módulos contiguos, tanto las conexiones verticales como las horizontales, disponen de elementos intermedios deformables, que evitan la conexión rígida entre módulos.

Las prestaciones de aislamiento acústico y de aislamiento al ruido de impacto entre módulos y entre un módulo y el exterior quedarán complementadas y dependientes de las soluciones de revestimiento interior y exterior que se adopten en el proyecto.

3.1.5.3 Absorción acústica

La absorción acústica de las superficies interiores del módulo Compact Habit[®] no ha sido evaluada ya que el módulo Compact Habit[®] incluye acabados interiores que no forman parte de la especificación del módulo. Estos acabados interiores se especificarán para cada proyecto y tendrán que cumplir con los requisitos de absorción acústica aplicables en cada caso.

3.1.6 Ahorro de energía y aislamiento térmico (BWR 6)

3.1.6.1 Aislamiento térmico

Las prestaciones de aislamiento térmico de las paredes, suelos y techos del módulo Compact Habit[®] y del edificio realizado de módulos, debe calcularse de acuerdo con EN ISO 6946¹³ para cada proyecto específico. El aislamiento térmico depende principalmente del tipo de sección estructural usada, las conductividades térmicas (véase el capítulo 3.1.3.1) y los siguientes criterios:

¹³EN ISO 6946: *Building components and building elements. Thermal resistance and thermal transmittance. Calculation method (ISO 6946).*

- Tipo de secciones estructurales (véase el anexo 1): forma de los nervios y distancia, orientación de los nervios (hacia el interior o el exterior), cámaras de aire, ancho entre nervios, grosor del hormigón entre nervios, aislamiento, etc.
- Resistencias superficiales interior y exterior.
- Debe prestarse especial atención a las cámaras de aire (dimensiones, dirección del flujo de aire, etc.).
- La combinación de secciones de hormigón, elementos metálicos y aislamiento puede crear puentes térmicos en el módulo Compact Habit[®]. En los zunchos de la esquina de los módulos se insertan anclajes metálicos para la unión de los módulos, que consisten de una sección gruesa de hormigón y, por tanto, dichos anclajes no actúan como puentes térmicos.
- La resistencia térmica del módulo se completa con la resistencia térmica del revestimiento interior y del revestimiento de fachada que se especificará en el proyecto.

3.1.6.2 Permeabilidad al aire

La permeabilidad al aire de los tramos macizos del módulo Compact Habit[®] es nula, ya que el módulo carece de juntas.

La permeabilidad al aire del módulo Compact Habit[®] corresponde finalmente a la permeabilidad al aire de las carpinterías que se adopten en proyecto para el cerramiento de las aberturas del módulo, y del sellado de estas carpinterías en su unión al módulo.

3.1.6.3 Inercia térmica

Las características del módulo Compact Habit[®] que son relevantes a efectos de calcular la inercia térmica del edificio se indican a continuación:

- Masa superficial (kg/m^2): se calculará en cada proyecto de edificación de acuerdo con el tipo de secciones estructurales a utilizar.
- Calor específico ($\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$):
 - o Hormigón armado: 1,0
 - o Elemento metálico: 0,45
- Resistencia térmica de paredes, techos y suelos: se calculará en cada proyecto de edificación de acuerdo con el tipo de secciones estructurales a utilizar (véase el capítulo 3.1.6.1).

3.1.7 Durabilidad, servicio e identificación

3.1.7.1 Durabilidad

La evaluación de la durabilidad de los módulos Compact Habit[®] distingue entre elementos prefabricados de hormigón armado (módulo y elementos de cimentación) y elementos metálicos parcialmente embebidos en elementos de hormigón.

- Elementos prefabricados de hormigón armado: se basa en la metodología del Eurocódigo 2, teniendo en cuenta las siguientes características del sistema:
 - o Recubrimientos de las armaduras, c_{\min} (véase el anexo 2).
 - o Control de producción en fábrica referido al posicionamiento de las armaduras, $\Delta c_{\text{dev}} = 0$ (véase el anexo 2).
 - o Relación agua/cemento del hormigón ($\leq 0,48$), cemento tipo CEM I.
 - o Hormigón de alta resistencia (C50/60).
 - o Hormigón rico en cemento ($\geq 275 \text{ kg/m}^3$).
 - o Elemento con geometría de placa. Esto es aplicable sólo al caso de los voladizos del módulo. Este criterio no es aplicable al resto de elementos estructurales del módulo, que son de tipo lineal.

- o La evaluación se realiza considerando que los elementos de hormigón no disponen de ningún recubrimiento o revestimiento. En condiciones de servicio reales, los elementos prefabricados de hormigón del módulo sí que quedarán siempre cubiertos con los revestimientos interiores y exteriores del edificio que se escojan en proyecto.

Teniendo en cuenta las condiciones anteriores, los elementos prefabricados de hormigón armado del módulo Compact Habit[®] tienen una clase estructural S4 y una clase de exposición de hasta XC4, con una vida útil según se indica en el apartado 2 del ETE. Debe prestarse especial atención a asegurar dicha clasificación en voladizos.

En cuanto a los recubrimientos de los elementos prefabricados de cimentación del sistema Compact Habit[®]:

- o Solución 1: el recubrimiento vertical nominal del armado es 40 mm. El recubrimiento horizontal depende del diseño de la cimentación.
 - o Solución 2 y 3: su recubrimiento nominal ($c=35$ mm) en general no es suficiente cuando la pieza prefabricada se encuentra en contacto directo con el terreno, por lo que en estos casos se tendrá que considerar una solución de protección que se definirá caso por caso, tal como se recoge en el capítulo A5.2 del anexo 5 del ETE.
- Elementos metálicos embebidos en elementos de hormigón: la evaluación se basa en la metodología del Eurocódigo 3 y Eurocódigo 4, teniendo en cuenta las siguientes características del sistema:
- o No es necesario aplicar ningún tratamiento preventivo a los elementos metálicos frente a la corrosión de estructuras en un ambiente interior donde la humedad relativa no alcance el 80%. De lo contrario, se deberá aplicar un tratamiento preventivo contra la corrosión de acuerdo con los apartados de EN ISO 12944¹⁴ pertinentes.

Los métodos de aplicación de los tratamientos de protección en la planta de fabricación deben ser conformes a EN 1090-2¹⁵.

3.1.7.2 Condiciones de servicio

Cuando el edificio se diseña de acuerdo con la metodología definida en el capítulo A5.2 del anexo 5 y teniendo en cuenta las características resistentes del sistema especificadas en el capítulo 3.1.1, las deformaciones del sistema cumplen las siguientes condiciones:

Parámetro	Valor
Desplome máximo por planta	altura/250
Deformación de los suelos y techos (L=luz del módulo)	
- Instantánea (sobrecargas de uso)	$\leq L/360$
- Final (instantánea + diferida de cargas permanentes)	$\leq L/300$
Deformación de dinteles (L'=luz del dintel)	$\leq \min(L'/360, 10 \text{ mm})$

Tabla 3: Deformaciones máximas del módulo Compact Habit[®] (ELS).

Adicionalmente, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Debe prestarse atención a evitar daños en el hormigón durante su hormigonado en el molde debido a esfuerzos aplicados a los elementos metálicos como consecuencia de los pasos de hormigonado. Para evitarlos, la unión entre el acero y el hormigón no se someterá a deformación hasta que la resistencia de hormigón no alcance como mínimo 20 N/mm^2 .

¹⁴ EN ISO 12944: Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protection paint systems.

¹⁵ EN 1090-2: Execution of steel structures and aluminium structures. Part 2: Technical requirements for steel structures.

- Las estructuras del edificio realizadas con módulos Compact Habit[®] no se someten a esfuerzos de fatiga dado que: no soportan cargas de levantamiento; las acciones del viento no producen vibraciones y el tráfico pedestre no produce oscilaciones.

4 Sistema aplicado para la evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (EVCP), con referencia a su base legal

De acuerdo con la Decisión 2003/728 de la Comisión Europea¹⁶, aplica el sistema 1 (véase el reglamento delegado (UE) No 568/2014 que modifica el Anexo V del Reglamento (UE) 305/2011) para el módulo Compact Habit[®].

5 Detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP, según lo previsto en el DEE de aplicación

Todos los detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP se establecen en el *Plan de Control* depositado en el ITeC¹⁷, debiendo ser el control de producción en fábrica conforme con él (el *Plan de Control* especifica el tipo y frecuencia de los ensayos/comprobaciones llevados a cabo durante la fabricación y sobre el producto acabado).

Los componentes no fabricados por el fabricante de la unidad también deben controlarse de acuerdo con el *Plan de Control*.

Para materiales/componentes no fabricados ni ensayados por el proveedor de acuerdo con métodos acordados, el fabricante debe someterlos a comprobaciones/ensayos apropiados antes de su aceptación.

Cualquier cambio en el proceso de fabricación que pueda afectar a las propiedades del producto debe notificarse y deben revisarse los ensayos iniciales de tipo de acuerdo con el *Plan de Control*.

Emitido en Barcelona a 7 de septiembre de 2015

Por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.



Ferran Bermejo Nualart
Director Técnico, ITeC

¹⁶2003/728/EC - Commission Decision of 3 October 2003, publicada en el *Official Journal of the European Union* (OJEU) L 262 of 14/10/2003.

¹⁷El *Plan de Control* es una parte confidencial de la ETE y accesible sólo para el organismo u organismos involucrados en el proceso de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones.

ANEXO 1: Detalles de las secciones estructurales (sección nervada y losas)

A1.1 Configuración Nº 1: sección estructural con nervios trapezoidales

Esta sección estructural aplica a paredes, suelos y techos. En las paredes la cara nervada se sitúa hacia el interior o el exterior. El ancho entre nervios es normalmente inferior a 900 mm, pero puede ser superior a 900 mm si se justifica en los cálculos estructurales.

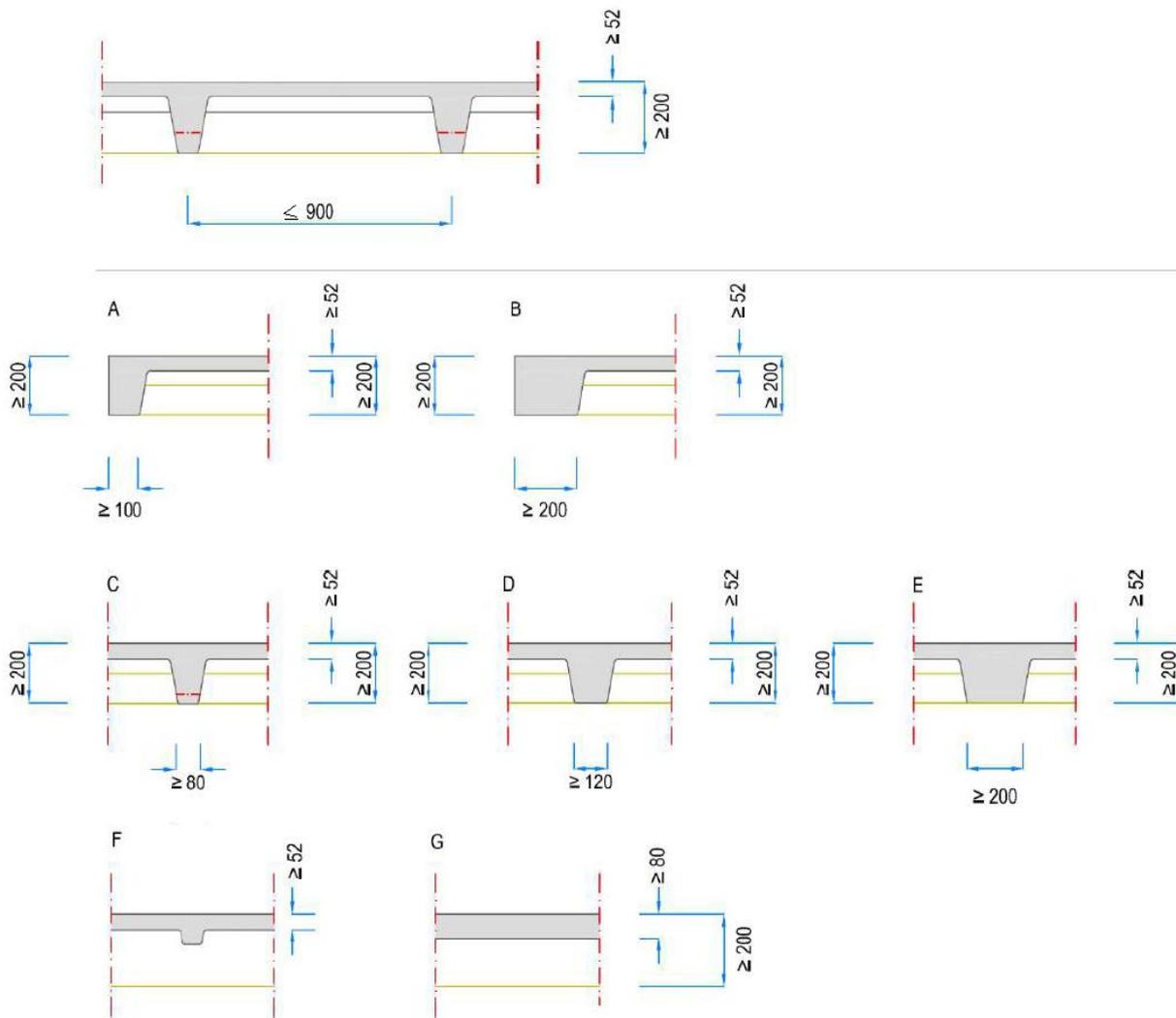


Figura A1.1: Sección estructural con nervios trapezoidales.

A1.2 Configuración Nº 2: sección estructural con aislamiento entre nervios trapezoidales

Esta sección estructural aplica a paredes, suelos y techos. En las paredes la cara nervada se sitúa hacia el interior o el exterior. El ancho entre nervios es normalmente inferior a 900 mm, pero puede ser superior a 900 mm si se justifica en los cálculos estructurales.

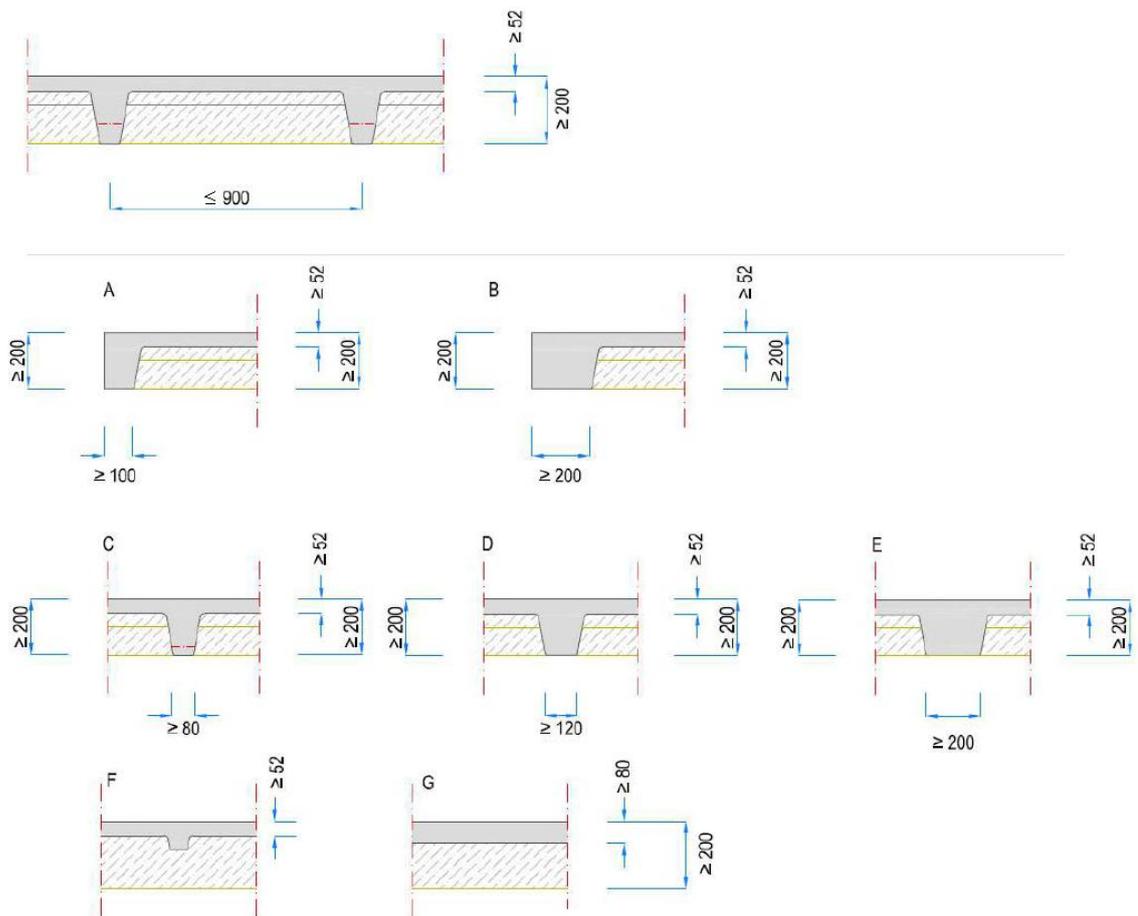


Figura A1.2: Sección estructural con aislamiento entre nervios trapezoidales.

A1.3 Configuración Nº 3: sección estructural con aislamiento entre nervios rectangulares

Esta sección estructural aplica a paredes, suelos y techos. En las paredes la cara nervada se sitúa hacia el interior o el exterior. El ancho entre nervios es normalmente inferior a 900 mm, pero puede ser superior a 900 mm si se justifica en los cálculos estructurales.

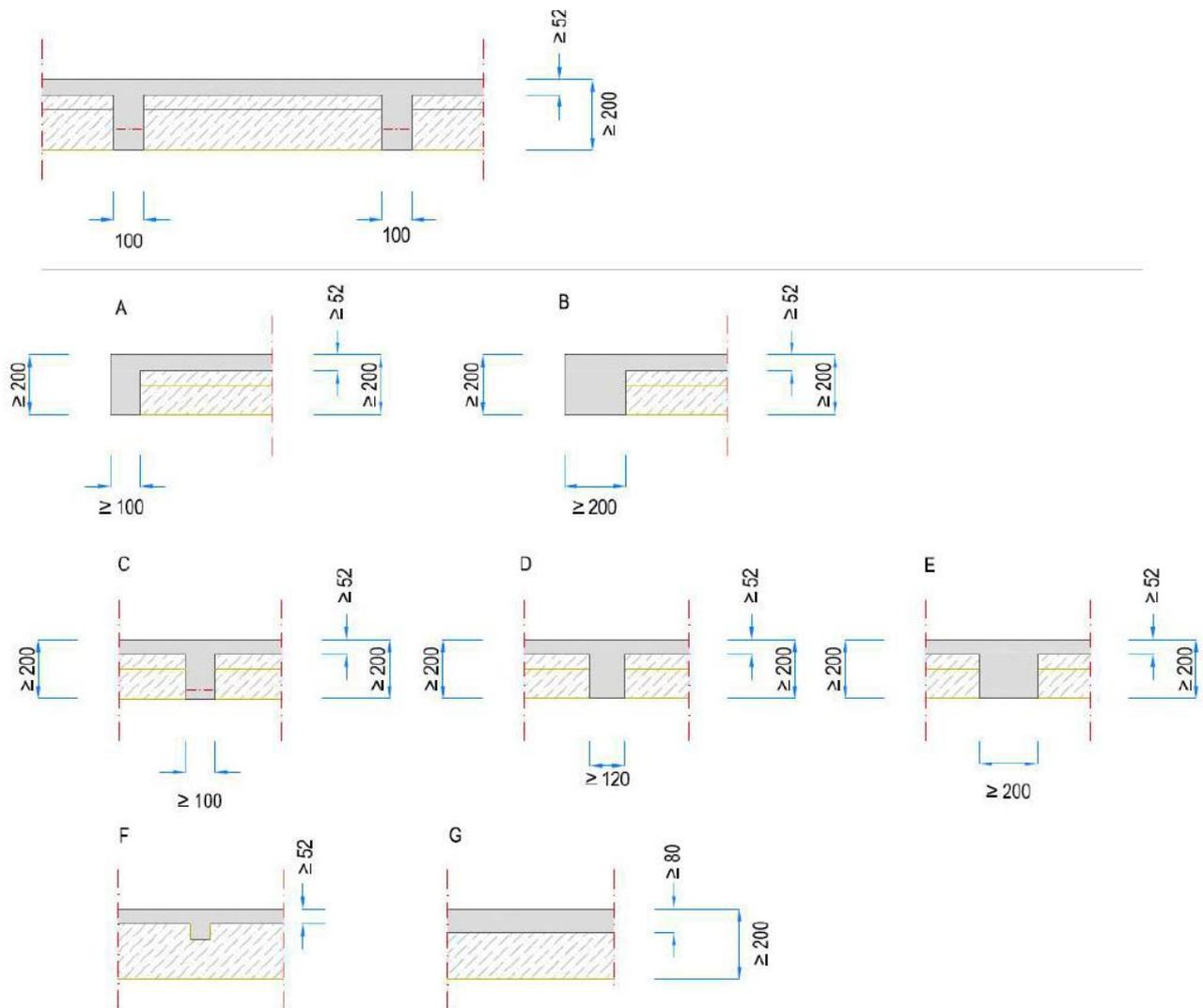


Figura A1.3: Sección estructural con aislamiento entre nervios rectangulares.

A1.4 Configuración Nº 4: sección estructural con aislamiento entre nervios rectangulares con la cara nervada hacia el exterior en techos

Esta sección estructural aplica a techos con la cara nervada hacia el exterior. El ancho entre nervios es normalmente inferior a 900 mm, pero puede ser superior a 900 mm si se justifica en los cálculos estructurales.

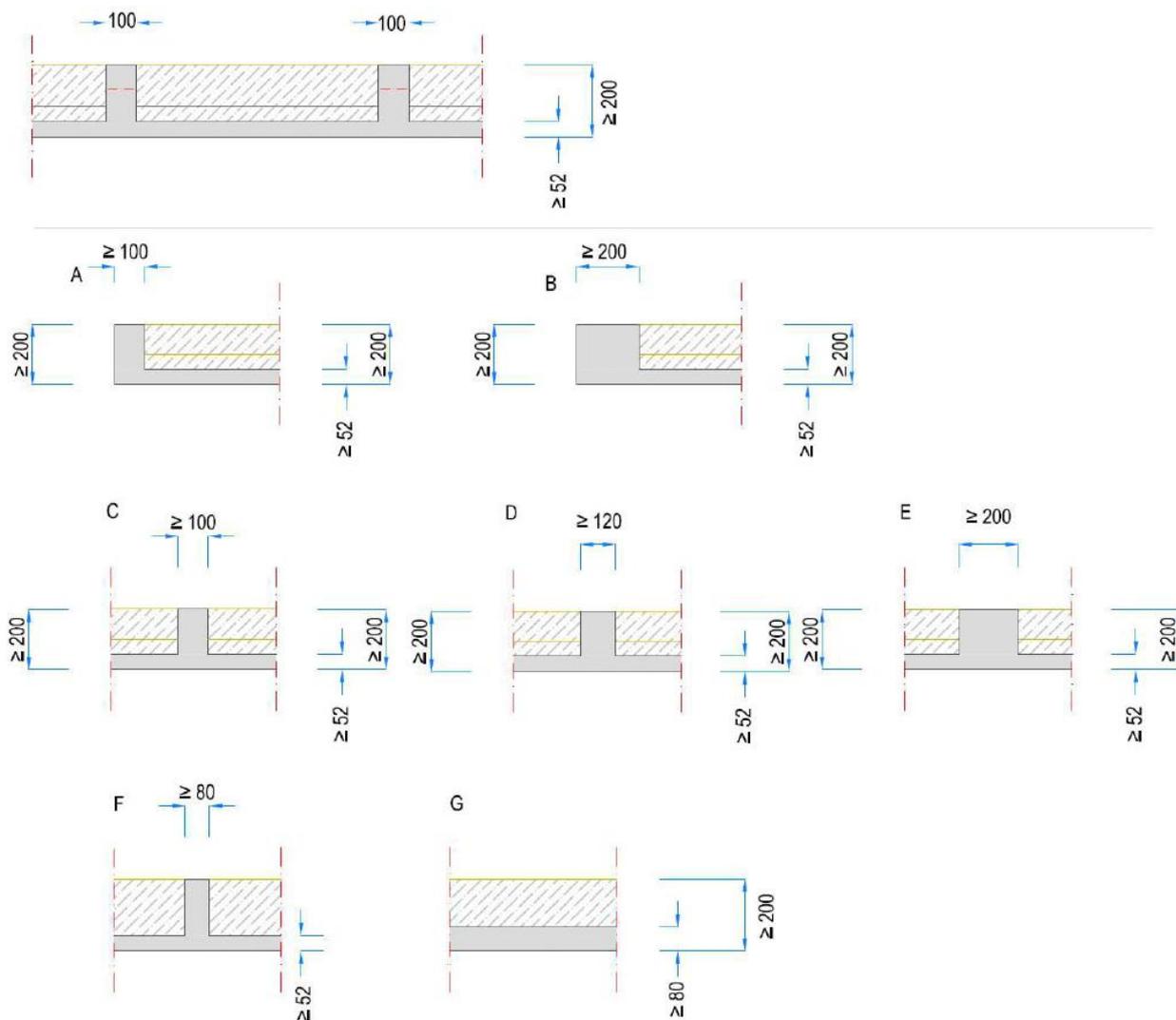


Figura A1.4: Sección estructural con aislamiento entre nervios rectangulares con la cara nervada hacia el exterior en techos.

A1.5 Configuración Nº 5: Sección estructural sándwich con aislamiento

Esta sección estructural aplica a paredes, suelos y techos. El ancho entre nervios es normalmente inferior a 900 mm, pero puede ser superior a 900 mm si se justifica en los cálculos estructurales.

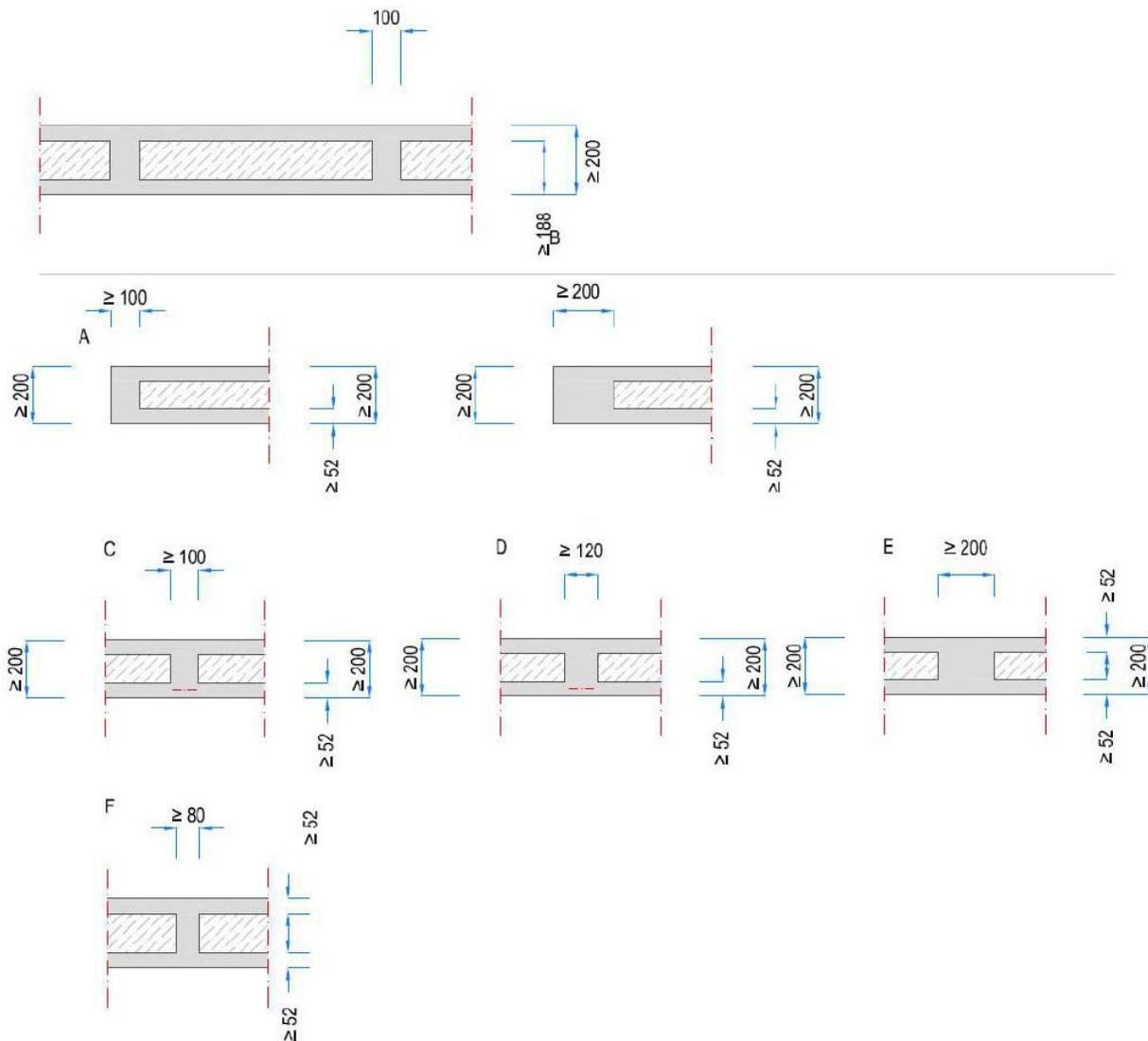


Figura A1.5: Sección estructural sándwich con aislamiento.

ANEXO 2: Descripción del módulo Compact Habit®

A2.1 Posibles soluciones estructurales del módulo Compact Habit®

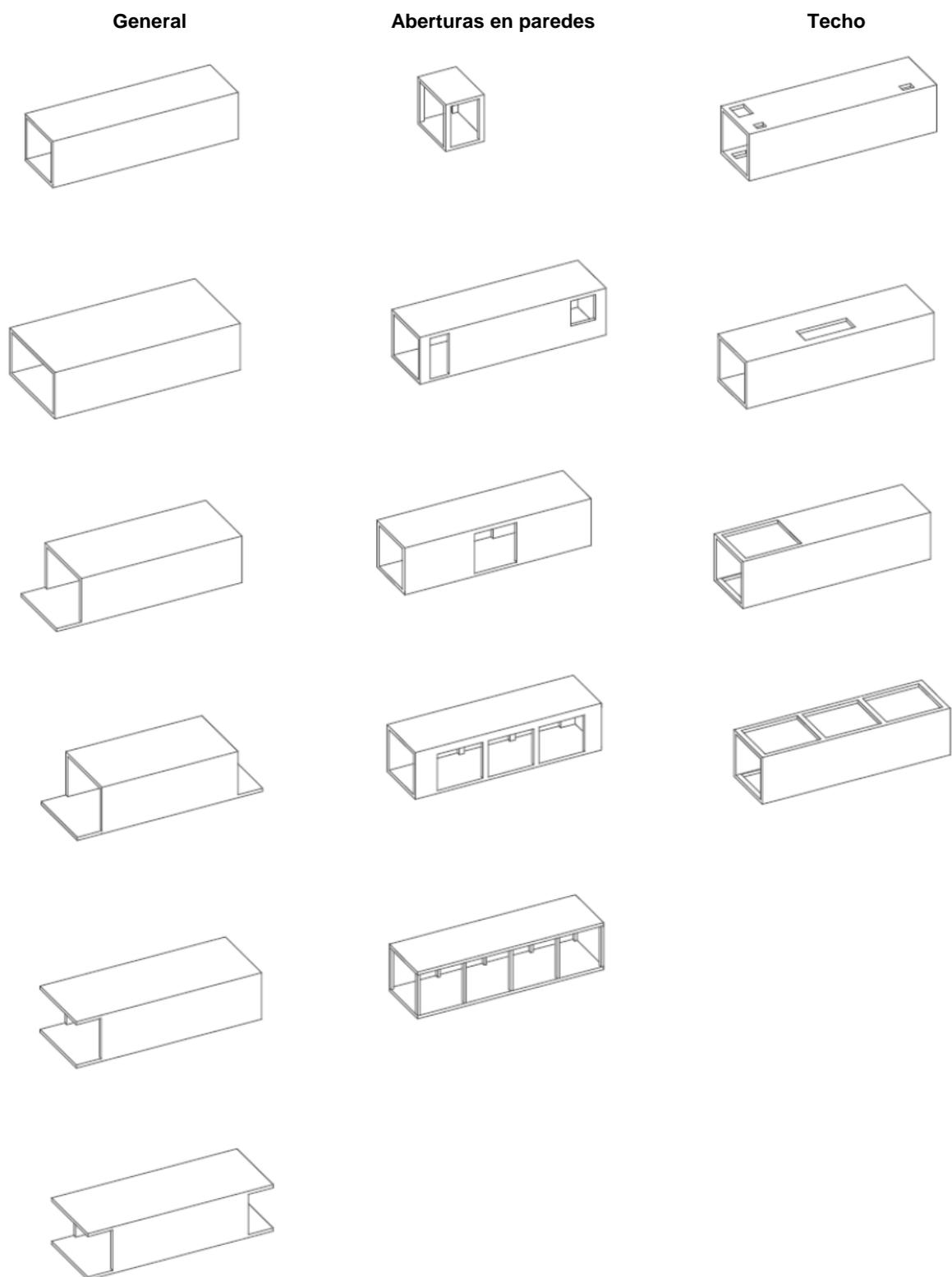


Figura A2.1: Posibles soluciones estructurales del módulo Compact Habit®.

A2.2 Características de los materiales que forman los módulos Compact Habit®

El módulo Compact Habit® está constituido por los siguientes materiales principales:

- Hormigón autocompactable de alta resistencia C50/60 ($f_{ck} \geq 50 \text{ N/mm}^2$) de acuerdo con EN 206-9¹⁸.
- Armaduras de acero corrugado soldable B500S ($f_y \geq 500 \text{ N/mm}^2$), \varnothing (6, 8, 10, 12, 16 mm).
- Mallas de armado de acero corrugado soldable B500T ($f_y \geq 500 \text{ N/mm}^2$) \varnothing 5 mm.
- Diferentes elementos de anclaje y unión entre módulos (véase los capítulos A2.5 y A2.7 del presente anexo 2):
 - o Conos de posicionamiento (conexión vertical entre módulos).
 - o Apoyos verticales entre módulos.
 - o Placas de unión horizontal entre módulos contiguos lateralmente.
 - o Uniones verticales entre módulos contiguos.
 - o Anclajes para la manipulación del módulo.
 - o Anclajes de fijación del módulo en el remolque.
- Cojines de acero inoxidable tricotado, de diferentes grosores, dimensiones y densidad de malla, que forman la capa elástica de los tres tipos de elementos de unión entre módulos (véase el capítulo A2.6 del presente anexo 2).

A2.3 Características del módulo Compact Habit®

Las dimensiones y características principales del módulo Compact Habit® son las que se indican en la tabla 1 del ETE.

En la tabla A2.1 siguiente se recogen las tolerancias más relevantes del módulo¹⁹, que hacen posible la correcta coordinación dimensional del edificio construido con los módulos Compact Habit®.

Propiedad	Propiedad del módulo	Valor	Tolerancia
Dimensiones principales del módulo (mm)	Longitud	≤ 16.800	± 10
	Longitud del voladizo (a cada extremo del módulo)	≤ 2.500	± 10
	Ancho exterior	≤ 5.100	± 5
	Ancho interior	≤ 4.700	± 10
	Altura exterior	≤ 3.500	± 6
	Altura exterior con apoyos	≤ 3.520	± 6
	Altura interior	≤ 3.100	± 10
Geometría del módulo (mm)	Nivelación de las superficies de apoyo ²⁰	en 3.600	± 3
	Ortogonalidad de las caras del módulo. Desfase ortogonal.	--	± 10
	Desalineación del perímetro		
	Linealidad de las caras del módulo	en 10.000	± 6

¹⁸EN 206-9 *Concrete Part 9: Additional rules of self-compacting concrete (SCC)*.

¹⁹El Plan de Control del módulo Compact Habit® establece de forma exhaustiva los criterios de aceptación dimensional de los diferentes componentes, en las diferentes fases de fabricación del módulo.

²⁰El sistema contempla la posibilidad de corrección en obra de esta nivelación, si es necesario, a través de arandelas de regreuso, hasta una corrección máxima de 10 mm.

Propiedad	Propiedad del módulo	Valor	Tolerancia
Dimensiones de las aberturas (mm)	Ancho de las aberturas en fachada del módulo	en 1.000	± 2
	Altura de las aberturas en fachada del módulo	en 1.000	± 2
	Ancho de las aberturas en paredes laterales del módulo	en 1.000	± 2
	Altura de las aberturas en paredes laterales del módulo	en 1.000	± 2
Posicionamiento de los elementos de anclaje para la conexión entre módulos (y de los elementos de manipulación) (mm)	De los conos de posicionamiento en horizontal	--	$\pm 1,0$
	De los conos de posicionamiento en vertical	--	± 6
	De los apoyos entre módulos en horizontal	--	± 8
	De los apoyos entre módulos en vertical, en 3.600 mm	--	$\pm 2,5$
	De los elementos de unión lateral entre módulos ²¹ (en vertical y en horizontal)	--	± 10
	De los elementos de manipulación del módulo en horizontal	--	± 10
Recubrimientos de armaduras (mm), c_{min}	Módulo (condiciones interiores)	20	$\Delta c = -0 + 5$ ²²
	Módulo (condiciones exteriores)	30	$\Delta c = -0 + 5$

Tabla A2.1: Tolerancias dimensionales principales del módulo Compact Habit®.

A2.4 Características de las cimentaciones prefabricadas Compact Habit®

A2.4.1 Solución 1: Cimentación in situ Compact Habit®

La unión entre la cimentación y el edificio se realiza mediante los siguientes componentes:

- Vaina y estribos:
 - o Vaina: fabricada en acero y con un diámetro de 200 mm, 150 mm o 125 mm, de acuerdo con los resultados de los cálculos. Se encuentra embebida en la cimentación después de hormigonar y dispone de espacio libre suficiente para permitir un posicionamiento exacto del elemento de unión.
 - o Estribos: 4 estribos soldados a la vaina situados en dos niveles (a 40 mm y a 95 mm desde la superficie superior), acero B500S y \varnothing 8 mm, 325 x 205 mm; actúa como anclaje y refuerzo de los puntos de unión de la cimentación.

²¹ El sistema contempla las siguientes posibilidades de corrección en obra de la posición de las placas de unión lateral entre módulos, si va bien:

- En la dirección vertical (z): ± 10 mm
- En la dirección horizontal sobre el plano de fachada (x): ± 10 mm
- En la dirección perpendicular al plano de fachada (y): ± 10 mm

Esta capacidad de regulación es válida para la solución 1 y la solución 2 de la unión horizontal.

²² Estas tolerancias de los recubrimientos resultan de la tolerancia exigida a la altura de las armaduras de las semiviguetas que forman los nervios y de su correcto posicionamiento en el molde. El valor $\Delta c = -0$ implica la aplicación de un control de producción intenso para el aseguramiento del valor nominal de los recubrimientos.

En los casos de las armaduras que no están sujetas a exigencias de recubrimiento, la tolerancia de las dimensiones de fabricación de las armaduras es de ± 10 mm.

El elemento vaina y los estribos se colocan con un ángulo de 45° respecto la dirección del elemento de cimentación.

- Funda metálica: pieza de acero S275JR y espesor de 5 mm que consiste de un cilindro de \varnothing 90 mm y 125 mm que recibe el cono de unión a cortante y dispone de una placa superior \varnothing 250 mm con 4 perforaciones mediante las cuales se puede introducir el mortero de fijación. Esta funda se inserta en la vaina después de hormigonar y está destinada a permitir el correcto posicionamiento de la conexión con el módulo (con las tolerancias de posicionamiento requeridas por el sistema) y una nivelación horizontal adecuada con los otros puntos de soporte.
- Material de relleno: mortero de alta resistencia (30 N/mm² a las 24h, 74 N/mm² a los 28 días) sin retracción, para rellenar el volumen entre la funda metálica y la vaina.

El armado de la cimentación en los puntos de conexión vertical se diseñará caso por caso considerando la geometría de la cimentación, tipo de hormigón, etc.

A2.4.2 Solución de cimentación 2: Vigas de cimentación Compact Habit®

Viga prefabricada con la misma longitud que el módulo, de 550 / 600 mm de ancho y 350 mm de altura. Los estribos de la viga de cimentación se descuelgan por su cara inferior, para posibilitar su conexión con las cimentaciones hormigonadas in situ (los estribos permiten el apoyo provisional de la viga previo al hormigonado de su base y el correcto anclaje de la viga a las cimentaciones).

La función de esta viga es permitir la correcta vinculación del sistema Compact Habit® a las cimentaciones, que se dimensionarán caso por caso en proyecto. La viga aporta la superficie de arranque (cara superior nivelada y que dispone de los diferentes elementos de conexión), que el sistema Compact Habit® necesita.

La viga de cimentación dispone de los siguientes anclajes:

- Anclaje para la fijación de los elementos de apoyo del módulo superior (es el mismo anclaje usado en los módulos).
- Cilindro de alojamiento de los conos de posicionamiento (es el mismo cilindro usado en los módulos).
- Anclaje para la manipulación de la viga de cimentación, de carga de servicio a tracción de 50 kN.
- Anclaje insertado con rosca M16, previsto para recibir un utillaje de montaje que permite controlar la flecha durante el hormigonado de las cimentaciones, para alcanzar el nivelación requerido de la cara superior de la viga.

Esta viga presenta 2 variantes:

- *Viga de cimentación doble*, empleada en la línea interior de cimentación del edificio: dispone de una doble línea de inserciones, ya que sobre ella se apoyan dos módulos.
- *Viga de cimentación simple*, empleada en la línea externa de cimentación del edificio: dispone de una única línea de inserciones, ya que sobre ella se apoyará un único módulo.

Estas dos variantes sólo se diferencian en la línea de inserciones (doble o única).

La cimentación se tendrá que completar con trabas perpendiculares a las zapatas de cimentación, que se ligarán a la armadura de la cimentación hecho in situ, y se hormigonarán conjuntamente con este.

Las dimensiones estándar de estas trabas son: 400 mm de ancho, 500 mm de altura (+70 mm de capa de hormigón de limpieza).

Nota: las cotas de las figuras del presente documento se expresan en mm.

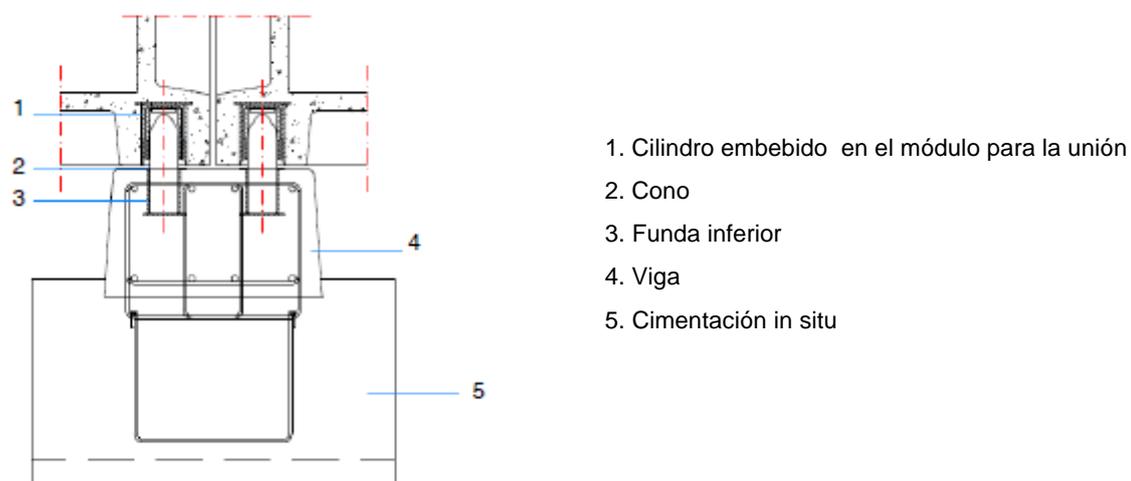


Figura A2.2: Detalle de la conexión entre la viga de cimentación Compact Habit[®] y la cimentación hecha in situ.

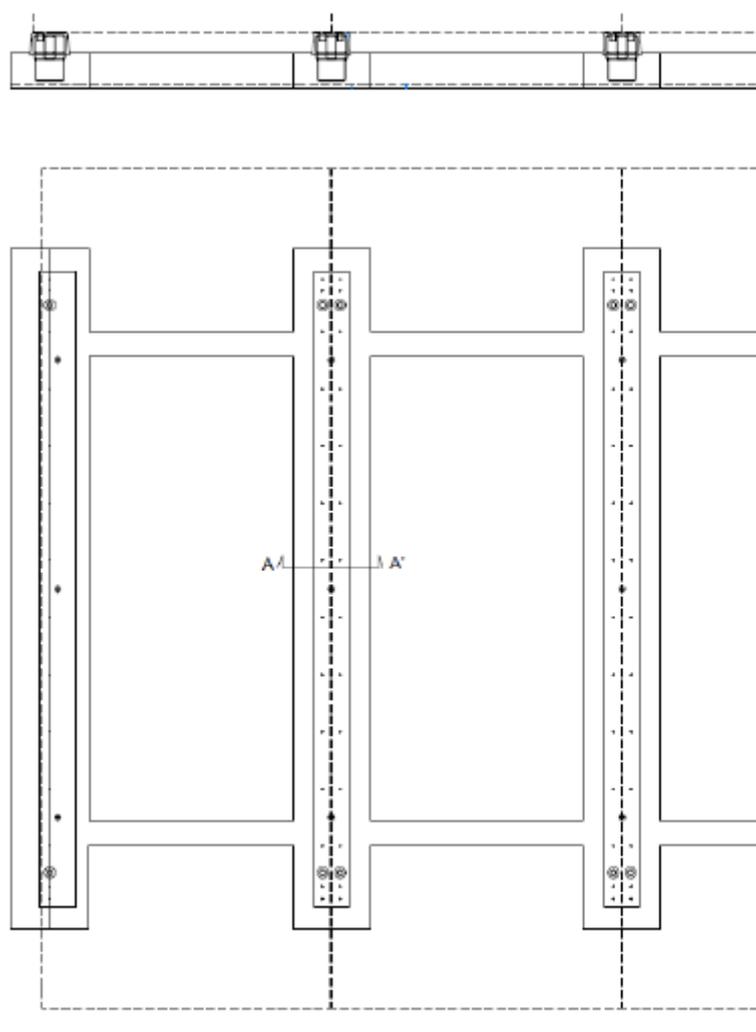


Figura A2.3: Vistas generales de la cimentación del edificio basada en vigas de cimentación Compact Habit[®].

A2.4.3 Solución 3: Cimentación prefabricada Compact Habit®

A diferencia del caso anterior, la cimentación prefabricada hace la función de cimentación del edificio, además de incorporar por su cara superior, todos los elementos de conexión al edificio.

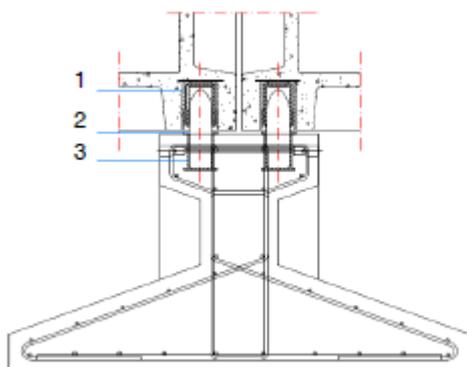
Está constituido por los siguientes 2 elementos, totalmente prefabricados:

- Viga principal de cimentación: elemento de sección en forma de T invertida, de dimensiones estándar 821 mm de canto (altura), 1.600 mm de ancho en la base (este ancho varía en función de las características del terreno) y 550 mm de ancho de coronación.

Esta viga presenta la variante de viga para la línea de cimentación interior o exterior del edificio. La diferencia entre ambas variantes radica exclusivamente en la doble línea o línea única de inserciones para la conexión con el módulo.

Estas vigas disponen de los mismos elementos de apoyo y conexión vertical que las vigas (y que los módulos), y de elementos de manipulación que se dimensionan en función de la masa de la viga.

- Trabas transversales prefabricadas, de 400 mm de ancho, 500 mm de altura y 3.840 mm (según ancho del módulo) de longitud. Estas trabas se fijan al alma de las vigas de cimentación a través de uniones roscadas.



1. Cilindro embebido en el módulo para la unión
2. Cono
3. Funda inferior

Figura A2.4: Sección transversal vertical de los elementos de cimentación prefabricada Compact Habit®.

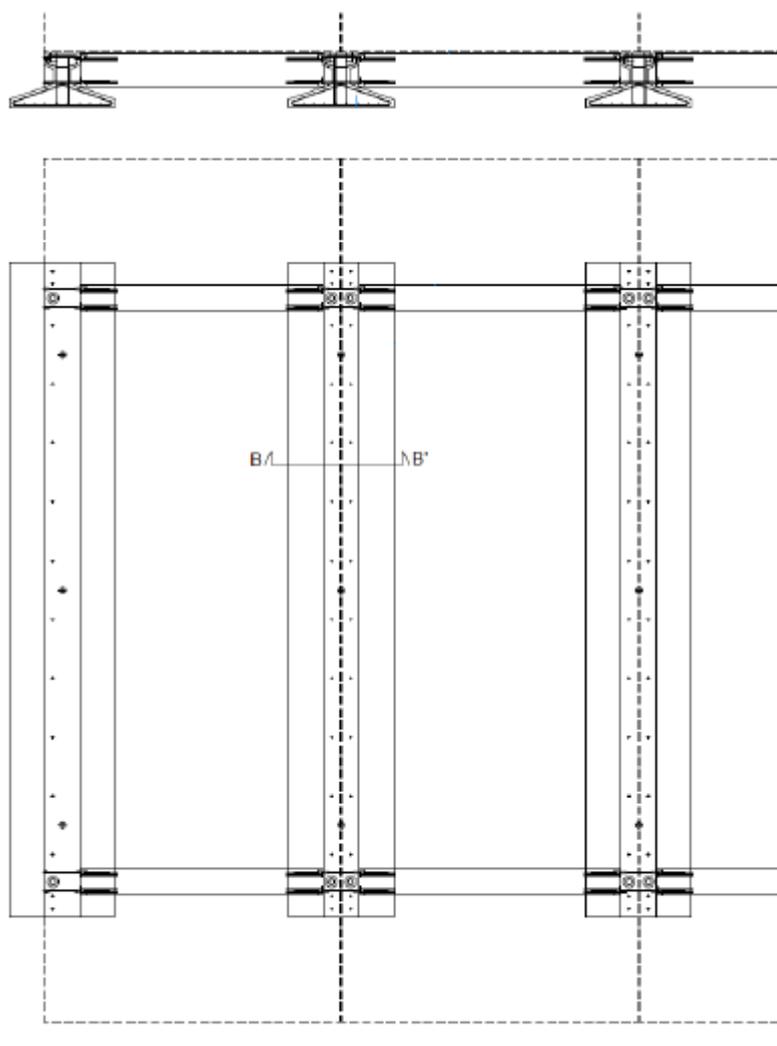


Figura A2.5: Vista general de la cimentación de un edificio basado en elementos de cimentación prefabricada Compact Habit®.

A2.5 Características de los elementos de conexión y de manipulación entre módulos

A2.5.1 Conos de posicionamiento y cortante para la conexión vertical entre módulos

La conexión vertical entre un módulo y el módulo superior se efectúa a través de un elemento troncocónico que penetra en los alojamientos cilíndricos integrados en el módulo inferior y en el superior.

Los componentes que forman esta conexión son:

- Elemento troncocónico de conexión (conos de posicionamiento y cortante): pieza (fabricada en acero S275 JR) mecanizada de $\varnothing 78$ mm, extremo superior cónico y punta redondeada, de 262 mm de longitud.

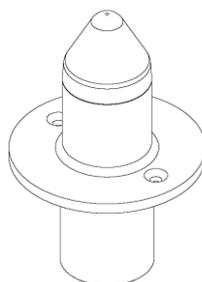


Figura A2.6: Cono de posicionamiento y cortante.

- Alojamiento de los conos en el techo del módulo inferior: alojamiento cilíndrico fabricado en acero S275 JR de acuerdo con EN 10025²³ mecanizada de \varnothing_{int} 82 mm, \varnothing_{ext} 95 mm y 125 mm de longitud.
- Alojamiento de los conos en el suelo del módulo superior: doble alojamiento fabricado en acero S275 JR mecanizada de las siguientes dimensiones principales. Cilindro exterior: \varnothing_{int} 112 mm y 171 mm de longitud, cilindro interior: \varnothing_{int} 80 mm y 154 mm de longitud.

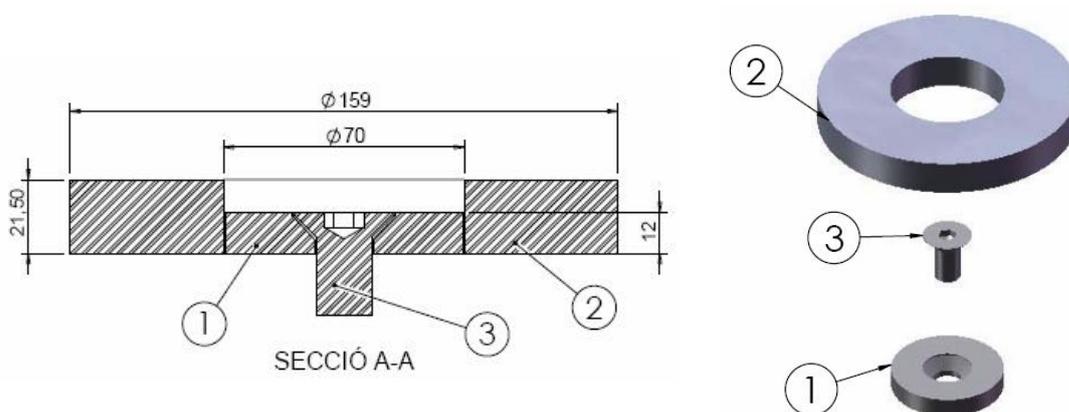
Entre el cilindro exterior y el interior del alojamiento situado en el suelo del módulo superior, se sitúan 6 cojines que envuelven al cilindro interior (véase la tabla A2.2 y A2.3).

La función de estos conos de posicionamiento, además de permitir el correcto posicionamiento y apilamiento de los módulos en fase de montaje, es resistir los esfuerzos cortantes que se producirán entre plantas del edificio, fundamentalmente a causa de las acciones del viento y del sismo.

A2.5.2 Apoyos verticales entre módulos

Los módulos apoyan sobre el módulo inferior a través de elementos de apoyo distribuidos linealmente a lo largo de los dos zunchos del módulo de la planta inferior.

Estos elementos de apoyo consisten en un elemento elástico en forma de corona, colocado sobre una cazoleta de acero S275JR mecanizada, de \varnothing_{ext} 69 mm y 12 mm de grosor, que se fija a la cara superior del módulo inferior a través de un anclaje roscado con un tornillo M16.



- 1 Cazoleta de apoyo.
- 2 Cojín metálico.
- 3 Tornillo para fijar el conjunto al anclaje insertado en el hormigón.

Figura A2.7: Conjunto de apoyo entre módulos (cazoleta + cojín)

²³EN 10025: *Productos laminados en caliente de aceros para estructuras - Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.*

La función de los apoyos es transmitir las acciones verticales entre módulos, buscando que estas acciones se distribuyan homogéneamente en toda la longitud del módulo. Pese a que estos puntos de apoyo contribuyen ligeramente a la resistencia a cortante de un módulo respecto del otro, esta resistencia no se tiene en cuenta en el análisis estructural.

A2.5.3 Placas de unión horizontal entre módulos contiguos lateralmente

Los módulos se unen lateralmente mediante una de las siguientes soluciones.

Solución 1: Placas de unión horizontal en la superficie superior horizontal.

Esta unión consiste de los siguientes elementos:

- Placa de unión (200 mm x 130 mm): placa curvada (espesor de 12 mm) soldada a una placa posterior (10 mm) y a una placa frontal (20 mm). Las placas se fabrican en acero S275 JR.
- Tornillo M20-10.9 de alta resistencia que une las placas frontales de cada módulo.
- Cojín (véase la tabla A2.2 y A2.3), fijado en la placa frontal mediante el tornillo y las arandelas.

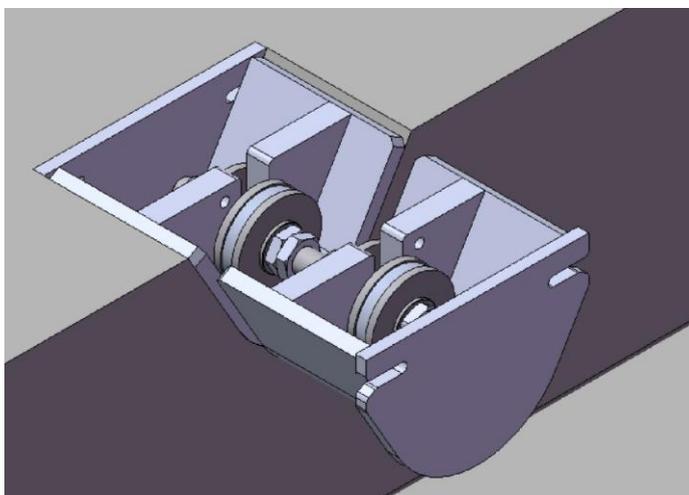


Figura A2.8: Unión horizontal colocada en la superficie superior horizontal del módulo (solución 1).

Cada placa de unión está fijada a su módulo de hormigón mediante el sistema siguiente:

- Se integran las placas de soporte en el módulo antes de hormigonado.
- Las placas de soporte se anclan en el hormigón durante la fabricación mediante 5 barras de armadura soldadas en la placa (2 $\varnothing 8$ mm, 2 $\varnothing 12$ mm y 1 $\varnothing 16$ mm).

El tornillo de unión (tornillo, arandela, etc.) es suministrado por Compact Habit SL como kit preensamblado (el preensamblaje se realiza en fábrica).

El número de uniones entre dos módulos adyacentes se especifica caso por caso dependiendo de los requerimientos sísmicos específicos de cada edificio. La posición de las uniones a lo largo del módulo cumple los siguientes principios generales:

- Como mínimo, una unión a cada final de módulo.
- Situado a > 300 mm y a < 2.000 mm de la esquina.
- La distancia mínima entre dos uniones es 900 mm.

Nota: todas las dimensiones se expresan a partir del eje de la unión.

Solución 2: Placas de unión horizontal situadas en fachada

Esta unión comprende los siguientes componentes:

- Placa de unión: pieza de fundición EN-GJS-600-3 (EN-JS1060), de 327 mm x 164 mm, con 3 cartelas perimetrales. Dispone de 5 perforaciones (que permiten una cierta regulación de posicionamiento) para su fijación sobre la placa de anclaje embebida en el módulo.
- Tornillo M20-10.9 de alta resistencia, que une las 2 placas de unión.
- Cojín (véase la tabla A2.2 y A2.3), interpuesto entre las 2 placas de unión.

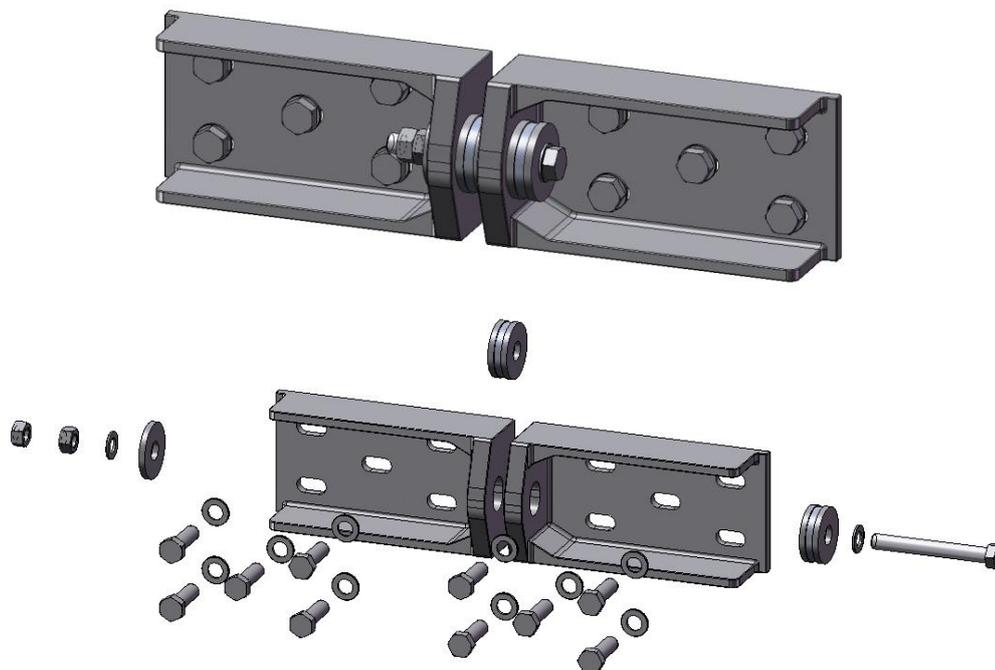


Figura A2.9: Placas de unión horizontal entre módulos (solución 2).

Cada placa de unión se fija al módulo de hormigón mediante el sistema siguiente:

- La placa se atornilla a la placa de soporte de acero; esta placa de soporte está integrada al módulo antes de hormigonar.
- La placa de apoyo tiene un grosor de 20 mm y es de acero tipo S355JR.
- Estas dos placas se atornillan con 5 tornillos de acero de alta resistencia M20-10.9.
- La placa de apoyo se fija al módulo de hormigón durante su fabricación mediante 6 barras de armadura soldadas a la placa (4 Ø16 mm y 2 Ø12 mm).

Esta descripción queda representada en la siguiente figura:

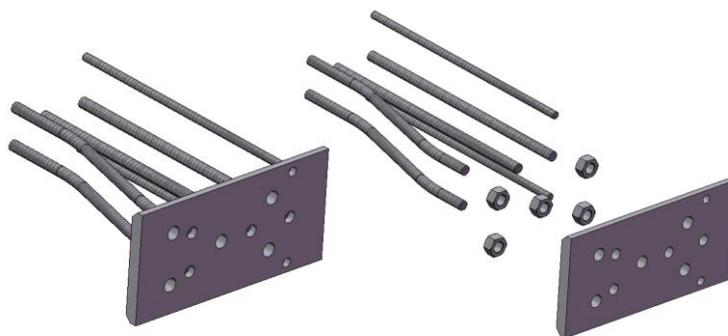


Figura A2.10: Placa de soporte y su fijación.

La función de estas uniones horizontales es crear continuidad horizontal entre las diferentes columnas de módulos del edificio, para que estas se comporten unitariamente, frente a acciones horizontales del sismo, evitando de este modo posibles choques entre las columnas de módulos que pueden constituir el edificio.

A2.5.4 Unión vertical entre módulos contiguos

Los módulos están unidos verticalmente con estas uniones verticales cuando se prevén esfuerzos de levantamiento (p.ej. debido a acciones sísmicas).

Esta unión consta de los siguientes componentes:

- Tuerca M24 10.9 DIN 934.
- Dos barras corrugadas Ø 16 mm de acero B500B.
- Placa 150 mm x 150 mm x 12 mm con un orificio central Ø 25 mm.

Estos tres elementos se encuentran soldados y embebidos en el hormigón del módulo inferior.

- Funda cilíndrica Ø 110 mm y 2 mm de espesor soldada a una placa 120 mm x 120 mm x 8 mm con un orificio central Ø 44 mm.

La funda y la placa se encuentran embebidas en el módulo superior.

- Varilla roscada de acero M24 10.9 DIN 934.
- Tuerca M24 10.6 DIN 936 y tuerca M24 10.9 DIN 934.
- Arandela Ø 85 mm y 10 mm de espesor, con un orificio central Ø 26 mm.

Los componentes embebidos se integran en el módulo antes de hormigonar. La varilla, tuercas y arandelas son suministradas por Compact Habit SL e instaladas en obra.

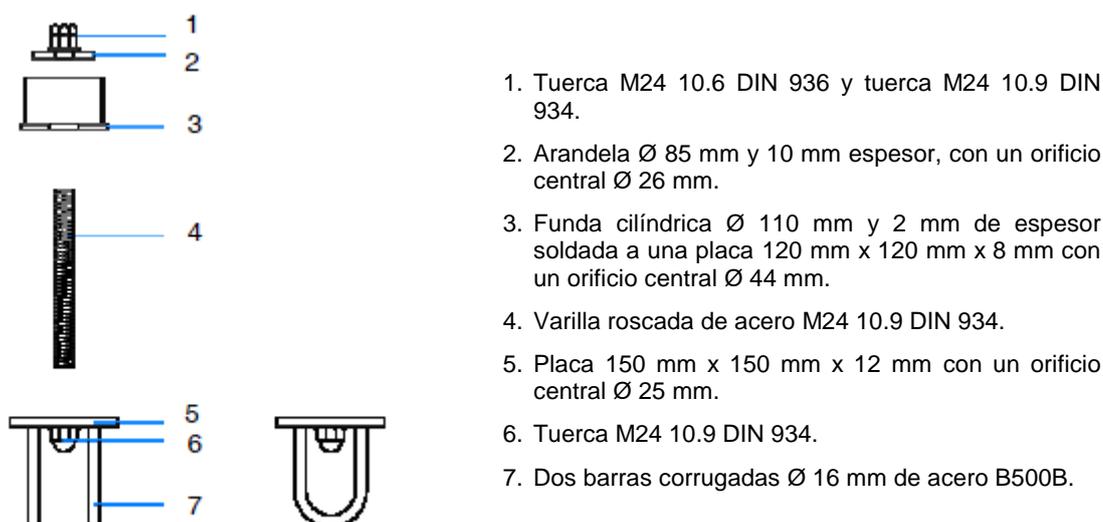


Figura A2.11: Unión vertical entre módulos contiguos.

Estos elementos unen el suelo del módulo superior con el techo del módulo superior.

La resistencia a tracción característica del elemento de unión es 254,2 kN.

A2.6 Características de los elementos elásticos situados en las uniones entre módulos

Las principales características de los cojines elásticos utilizados en las uniones entre módulos son:

Características básicas de los cojines de acero			
Elemento de unión	Soportes entre módulos	Unión lateral entre módulos	Unión vertical entre módulos (Posicionamiento y conos de cortante)
Dimensiones (mm)	D _{int} = 70 D _{ext} = 159 Grosor = 21,5	D _{int} = 34 D _{ext} = 70 Grosor = 10,5	A = 50 B = 47 Grosor = 10
Geometría	Circular (disco)	Circular (disco)	Rectangular
Ref. plano.	PUN-001-01-00-00	PUN-001-03-02-00	BPD-001-03-03-00
Masa (g)	700	85	50
∅ filamento (mm)		0,23	
Tipología de tejido	Malla de hilo de acero tricotado		
Acero utilizado	Acero inoxidable AISI 304		

Tabla A2.2: Características básicas de los cojines de acero del módulo Compact Habit®.

Condiciones de uso de los cojines de acero			
Elemento de unión	Soportes entre módulos	Unión lateral entre módulos	Unión vertical entre módulos (Posicionamiento y conos de cortante)
	Entre 30 kN y 130 kN.		
Rango nominal de trabajo/valor	En este rango la deformación máxima entre estos valores es de 1,5 mm. Precompresión de fabricación del cojín = 800 kN.	Par de apriete de la unión atornillada = 2,2 N·m.	Pretensado inicial de 2,5 mm.

Tabla A2.3: Condiciones de uso de los cojines de acero del módulo Compact Habit®.

A2.7 Características de los elementos de transporte y manipulación de los módulos

El módulo también integra los siguientes anclajes y elementos necesarios para su transporte y manipulación en obra:

- Anclajes para la elevación y transporte del módulo: se usan anclajes con una resistencia a tracción de 100 kN sobre el zuncho de hormigón armado con resistencia característica de 25 N/mm² (resistencia del hormigón en el momento de manipulación del módulo en fábrica). Son anclajes de acero forjado, no galvanizado.
- Anclajes de transporte: situados en la parte inferior de las paredes laterales, sirven para la fijación del módulo al remolque.

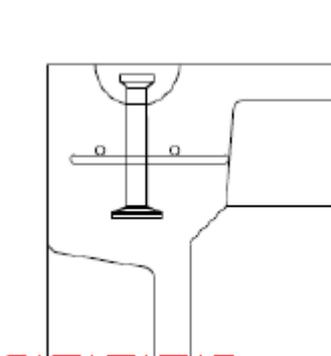
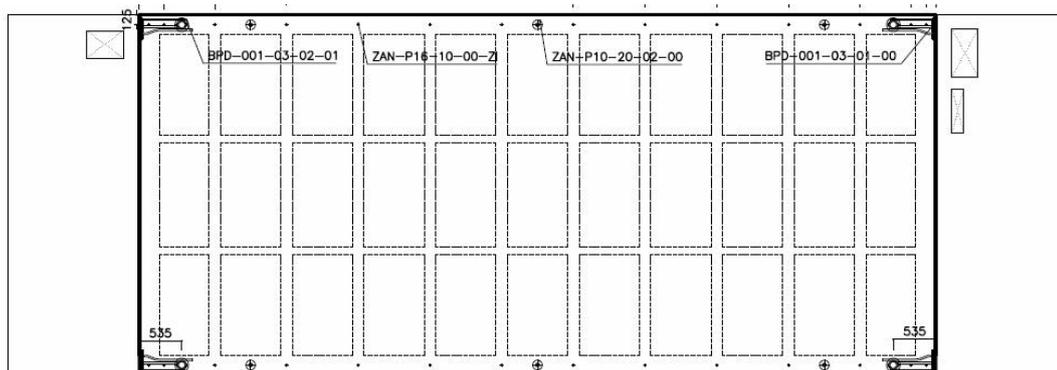


Figura A2.12: Anclajes de manipulación del módulo.

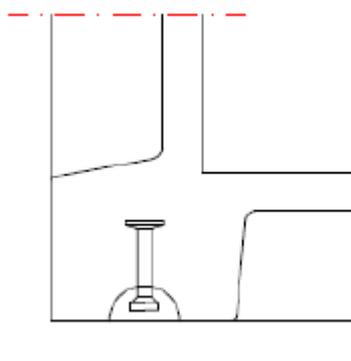


Figura A2.13: Anclajes de transporte del módulo.

ANEXO 3: Prestaciones estructurales de los módulos Compact Habit[®] y de los edificios basados en módulos Compact Habit[®]

A3.1 Resistencia de las secciones de los módulos Compact Habit[®]

La resistencia de las secciones de los módulos Compact Habit[®] se declarará mediante el método 3b del Guidance Paper L (véase el capítulo 3.1.1 de este ETE).

La sección resistente del módulo Compact Habit[®] que es la base que constituye todos sus elementos resistentes (suelo, techo y paredes del módulo), se muestra en el anexo 1.

La resistencia de cada configuración posible depende principalmente de las dimensiones del nervio y de la losa entre nervios, y del armado. Dichas prestaciones serán calculadas caso por caso en cada proyecto.

El resto de secciones que conforman el módulo Compact Habit[®] son:

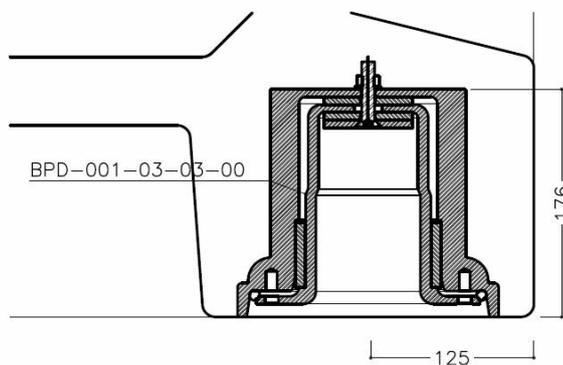


Figura A3.1: Sección del zuncho longitudinal inferior.

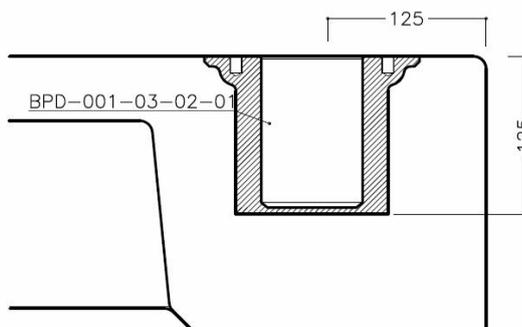


Figura A3.2: Sección del zuncho longitudinal superior.

A3.2 Resistencia de las uniones entre módulos Compact Habit[®] (valores de servicio)

La resistencia de las uniones entre los módulos Compact Habit[®] se declarará mediante el método 2 del Guidance Paper L (véase el capítulo 3.1.1 de este ETE).

- Rango de trabajo de los puntos de apoyo: 30 a 130 kN/apoyo.
- Resistencia a cortante (fuerzas horizontales) de los conos de posicionamiento y cortante: 83,5 kN/cono.

Nota: este valor es también válido para la unión entre el primer módulo y la cimentación, siempre que el anclaje de la armadura de la unión a la cimentación, que se diseña caso por caso, cumpla este requisito:

- Unión lateral entre módulos (solución 1 y 2): 85,6 kN/unión (resistencia a tracción).
Nota: estos valores de resistencia de las uniones (vertical y horizontal), resultan de considerar las siguientes condiciones del sistema:
 1. Los coeficientes de seguridad aplicados a las propiedades de los materiales estructurales que forman las uniones y anclajes al hormigón son:
 - Coeficiente del acero = 1,15
 - Coeficiente del hormigón = 1,50
 2. Las vigas de los módulos (tanto del módulo superior como inferior) que alojan las uniones verticales entre módulos disponen del siguiente armado a cortante adicional:
 - 6 estribos de Ø6 cada 15 cm (armado estándar a lo largo de toda la longitud de la viga)
 - 6 barras de Ø6 cada 15 cm con una penetración de 25 cm a los techos y paredes del módulo (a lo largo de 90 cm entorno a los conos de cortante insertados en la viga)
 - 4 barras de Ø12 (a lo largo de 40 cm a los conos de cortante insertados en la viga), para distribuir los esfuerzos de cortante de los conos de cortante hacia la viga.
- Unión vertical entre módulos: 254,2 kN/unión (resistencia a tracción).

A3.3 Características de Compact Habit[®] relacionadas con el cálculo sísmico

- Coeficiente de ductilidad de los edificios Compact Habit[®]: $\mu = 2$ (baja ductilidad, de acuerdo con la Reglamentación sísmica española NCSE-02).

ANEXO 4: Metodología general para el dimensionamiento y comprobación estructural de los edificios concebidos con módulos Compact Habit® (informativo)

A4.1 Datos de partida

Acciones a considerar

- Acciones que actúan sobre el edificio:
 - o Fuerzas horizontales que actúan a nivel de cada planta del edificio, fundamentalmente de origen sísmico y de viento.
 - o Acciones gravitatorias sobre cada planta del edificio.
- Cargas adicionales que se prevé fijar al edificio, que aumentan las acciones horizontales y verticales actuantes.
- Coeficientes de mayoración, combinación de acciones y conjunto de criterios de la comprobación estructural del edificio que sean propios de la reglamentación aplicable al proyecto.

Características del terreno

Estas condicionan:

- El diseño de la cimentación (véase el anexo 2).
- Las acciones sísmicas a considerar.

Configuración del edificio

- Número de plantas del edificio.
- Número de columnas de módulos que configuran el edificio.
- Distribución de aberturas.
- Ancho del módulo.
- Longitud del módulo.
- Módulo con o sin voladizos (1 o 2).

A4.2 Cálculo de las acciones y de los esfuerzos actuantes sobre el edificio

- Cálculo de las acciones que inciden sobre el edificio y sobre cada uno de sus elementos resistentes: véase el capítulo previo A4.1.
- Cálculo de los esfuerzos provocados por estas acciones en las diferentes secciones resistentes.
- Comprobación de la suficiencia de las capacidades resistentes de las diferentes secciones (que se declaran en el anexo 2), de acuerdo con la capítulo A4.3 siguiente.

A4.3 Comprobación

Se trata de comprobar que las prestaciones resistentes de la configuración de edificio escogida responden adecuadamente a los esfuerzos provocados por las acciones que actúan, tanto en términos globales del edificio como de forma local (cada una de sus partes), y desde la doble óptica de los Estados Límites de Servicio (ELS) y de los Estados Límites Últimos (ELU).

Esto se traduce, en el caso del edificio concebido con módulos Compact Habit®, en la siguiente metodología general de comprobación de la configuración del edificio considerada, además de cualquier otra comprobación específica que el técnico responsable del proyecto considere necesaria en función de las condiciones particulares de cada obra:

A4.3.1 Comprobar la resistencia de los elementos estructurales del edificio (suelos, voladizos, paredes y techos)

Comprobar que los valores de las prestaciones de los suelos, techos, paredes y voladizos no superen los valores de los esfuerzos calculados.

Es necesario comprobar las deformaciones de los elementos estructurales (suelos, voladizos, paredes).

Nota: Compact Habit SL dispone de tablas de sobrecargas de uso admitidas para los diferentes elementos estructurales del edificio, que han sido precalculadas para diferentes valores de las diversas variables propias del proyecto (acciones horizontales, combinaciones de sobrecargas de uso y cargas permanentes, etc.).

A4.3.2 Comprobar la deformación y la resistencia del edificio (sistema de cortantes)

- Comprobación de que no se superan los valores de cortante que provocan el ELS (desplome por planta) del edificio.
- Comprobación de que no se superan los valores de cortante que provocan el ELU (agotamiento tensional de los nervios del módulo). Esta comprobación se debe hacer tanto para la situación de servicio "normal" (no accidental) del edificio, como para la situación accidental del edificio (sismo), y considerando los criterios de mayoración y combinación de acciones, entre otras, que sean propios de la reglamentación aplicable en el país y a la localización en cuestión del edificio:
 1. En condiciones normales de servicio: hay que tener en cuenta las acciones de viento combinadas con las cargas horizontales o sobrecargas que provoquen fuerzas horizontales (si bien son básicamente las acciones de viento las que generalmente gobiernan este comportamiento).
 2. En condiciones accidentales: básicamente acciones de sismo (en este caso hace falta considerar la masa total involucrada en el sismo, considerando la masa del módulo, la masa de sus revestimientos y la de posibles elementos añadidos al edificio).

La solución de edificio Compact Habit® escogida será válida si se cumplen las tres condiciones anteriormente indicadas (1 condición ELS y 2 condiciones ELU), con un margen de tolerancia para la condición más restrictiva del +5%, en una de las plantas del edificio.

A4.3.3 Dimensionar el Sistema Compact Habit® para cumplir los requisitos específicos de resistencia al fuego

Véase el capítulo A5.2.2 c) del anexo 5 del ETE.

A4.3.4 Dimensionar los elementos prefabricados de cimentación del sistema Compact Habit®

Los elementos prefabricados de cimentación se dimensionan caso por caso, siguiendo el diseño de los elementos que se definen en el capítulo A2.4 del anexo 2. Este dimensionamiento hace referencia a:

Viga de cimentación

El dimensionado de las cimentaciones hechas in situ se hace caso por caso; la viga de cimentación sólo actúa como elemento de conexión entre la cimentación resistente y el edificio.

Elemento prefabricado de cimentación

El dimensionado de este elemento de cimentación se hace caso por caso. Teniendo en cuenta que se trata de un diseño cerrado, el dimensionado consiste en:

- dimensionar el armado de la ménsula superior,
- dimensionar el ancho y el armado de la base del elemento.

A4.3.5 Comprobar la resistencia de las uniones entre módulos Compact Habit®

Se realizará la comprobación de la resistencia a cortante de los conos de posicionamiento y cortante (especificada en el capítulo A3.2 del anexo 3), en la dirección longitudinal y transversal del módulo. Si hace falta, se aumentará el número de conos de posicionamiento.

Comprobación y distribución de los puntos de apoyo, según los criterios definidos en el capítulo A5.2.2 b) del anexo 5 (*Número de puntos de apoyo entre módulos*).

A4.3.6 Comprobar la resistencia “local” de elementos singulares del sistema

Se tendrán que comprobar los siguientes elementos locales del edificio Compact Habit:

- Ejecutar las comprobaciones asociadas a los casos en que se suprime más de un nervio consecutivo (véase el capítulo A5.2.2 a) *Creación de aberturas a las paredes y creación de aberturas en el suelo y el techo del módulo*).

ANEXO 5: Elementos principales del proceso de fabricación del módulo Compact Habit[®], elementos de cimentación y criterios de diseño e instalación

A5.1 Fabricación

Las principales etapas y aspectos destacados del proceso de fabricación de los módulos Compact Habit[®] (y de los elementos prefabricados de cimentación) son:

- Fase de diseño: el módulo contempla una serie de características fijas, que no dependen del proyecto, y una serie de características “abiertas” (dentro de unos rangos de valores predefinidos). Los valores que adoptan estas segundas deben quedar especificadas en el contexto del proyecto, previamente a proceder a la fabricación del módulo.
- Los siguientes subprocesos de la fabricación son especialmente relevantes:
 - Dosificación y fabricación del hormigón autocompactable de alta resistencia.
 - Fabricación de las armaduras y correcta ubicación en el módulo, para el cumplimiento de los recubrimientos definidos.
 - Especificaciones de los componentes: comprobación de las tolerancias dimensionales y el conjunto de especificaciones de los elementos que conforman las uniones entre módulos.
 - Ubicación en el molde de los anclajes de los elementos de posicionamiento y conexión de los módulos, así como de los anclajes de posibles cargas añadidas al edificio, según proyecto.
 - Hormigonado del módulo tridimensional monolítico.
 - Exactitud dimensional del módulo: cumplimiento de las tolerancias dimensionales y geométricas para una correcta coordinación dimensional del edificio.
- El diseño del módulo estándar y de sus anclajes está pensado para que se pueda proceder a la elevación y manipulación del módulo cuando la resistencia a compresión del hormigón es de 25 N/mm².

A5.2 Diseño del edificio concebido

El edificio concebido con el sistema Compact Habit[®] es responsabilidad plena del usuario del ETE. El usuario del ETE es responsable de asegurar que el edificio cumple todos los requisitos reglamentarios locales aplicables, y su ejecución debe ser diseñada y verificada de acuerdo con los posibles requisitos reglamentarios relativos a la ejecución que puedan ser de aplicación al Estado Miembro en cuestión, considerando todas las acciones asociadas al uso real del edificio y las condiciones geotécnicas reales del suelo. Para llevar a cabo estas verificaciones el proyectista o usuario del ETE puede consultar al titular del ETE los datos y detalles relativos al módulo que puedan ser necesarios.

El proyecto tendrá que partir de las características y prestaciones del módulo Compact Habit[®] descritas en el presente ETE, así como tener en cuenta los criterios de proyecto y de ejecución que se describen en el ETE. Algunas de estas características son fijas, mientras que otras son abiertas, dentro de unos rangos predeterminados, de manera que tendrán que ser determinadas y especificadas en el proyecto.

A5.2.1 Diseño estructural del edificio basado en módulos Compact Habit[®]

El edificio hecho con módulos Compact Habit[®] se comprueba de acuerdo con la metodología que, de forma sintética, se presenta en el anexo 4.

Debe considerarse la afectación de las diferentes opciones de diseño del módulo (presencia de aberturas, dimensiones del módulo, etc.) sobre las prestaciones resistentes de los módulos Compact Habit[®] y las prestaciones resistentes de los edificios hechos con módulos Compact Habit[®] que se detallan en el anexo 3, teniendo en cuenta los criterios que se detallan en el capítulo A5.2.2.

A5.2.2 Criterios de diseño del edificio basado en módulos Compact Habit[®]

A continuación se describen los criterios fundamentales de diseño, que es necesario tener en cuenta en fase de proyecto de un edificio que será ejecutado con los módulos Compact Habit[®].

Estos criterios se han clasificado de la siguiente manera:

- a) Criterios de proyecto que, una vez aplicados en fase de diseño del edificio, condicionan la fabricación del módulo Compact Habit[®]. En consecuencia, el proyecto debe especificar las características del módulo que resulten de la aplicación de estos criterios, previamente a poder proceder a la fabricación de los módulos.
- b) Criterios de proyecto que condicionan el diseño del edificio, pero que no condicionan la fabricación del módulo.
- c) Criterios relacionados con la resistencia al fuego del edificio proyectado con el sistema Compact Habit[®].

Estos criterios se desarrollan a continuación.

a) Criterios que condicionan el diseño y la fabricación de los módulos Compact Habit[®]

Creación de aberturas en las paredes

El módulo permite la creación de aberturas en las paredes del módulo, para la comunicación horizontal en planta, a través de la eliminación de nervios.

Para la supresión de nervios es necesario tener en cuenta las siguientes limitaciones:

- No se podrán eliminar los nervios que soporten la carga durante el izado del módulo, que son los dos nervios contenidos en el tramo en que se ubica el anclaje.
- La supresión de nervios modifica la capacidad resistente del módulo. En función de la distribución de aberturas en las diferentes plantas del edificio, se tendrá que hacer la comprobación particular de la configuración propuesta, que comprende las siguientes verificaciones:
 - Comprobación general de la resistencia de la estructura del edificio: la resistencia frente a los esfuerzos cortantes del módulo (especificada en el anexo 3) queda reducida proporcionalmente a la proporción de nervios suprimidos.
 - Las siguientes comprobaciones "locales":
 - o De la resistencia a flexión de los zunchos sobre las aberturas, teniendo en cuenta la distribución de los puntos de apoyo del módulo superior.
 - o De la tensión de trabajo de los cojines de los elementos de apoyo: si la tensión nominal máxima de trabajo (130 kN) se alcanza con un margen de más de un 5 % (< 136,5 kN), se tendrán que redistribuir o aumentar el número de apoyos.
- Los esfuerzos cortantes del módulo dependen del número de nervios en cada pared. Si se eliminan nervios para crear aberturas, la prestación de los nervios eliminados se reemplazarán por nervios dobles.
- Deberá comprobarse la armadura del dintel y de la viga inferior de la abertura.

Creación de aberturas en suelos y techos del módulo

El módulo permite la creación de aberturas en los suelos y techos del módulo, para la comunicación vertical del edificio, a través de la eliminación de nervios de suelo o techo.

Será necesario diferenciar entre edificios realizados de módulos Compact Habit[®] con o sin requisitos sísmicos.

- Con requisitos sísmicos:
 - o Se realizará un estudio tridimensional previo del edificio realizado con módulos Compact Habit[®] para identificar el comportamiento y los esfuerzos resultantes en cada módulo.
 - o Si el resultado de este estudio muestra un comportamiento aceptable, los datos geométricos serán incorporados al diseño.
- Sin requisitos sísmicos:
 - o Cuando las acciones horizontales se limitan a las acciones de viento, los nervios eliminados en el suelo debido a la abertura serán añadidos en el primer nervio completo al lado de

dicha abertura. Se aplicará el mismo procedimiento a los nervios eliminados en la cubierta, pero eliminando un nervio en cada lado.

- Es necesario calcular los esfuerzos resultantes en todos los nervios para identificar la armadura de acero necesaria para dichos nervios en concreto.
- Adicionalmente, en suelos y techos, se circundará la abertura con una viga longitudinal de las mismas dimensiones que el primer nervio completo.

Longitud y ancho del módulo

- La longitud y anchura del módulo se tendrá especialmente en cuenta en los cálculos de la deformabilidad del edificio así como durante el transporte del módulo.
- El espesor del suelo está condicionada a la distancia entre paredes y a las aberturas.

Criterios relativos a la adición de cargas al edificio

- Los elementos externos de cierta entidad que se añaden al edificio serán en general autoportantes (es el caso de las escaleras externas, ascensores, etc.).
- Las cargas debidas a elementos de comunicación vertical interior a través de aberturas en suelos y techos (p.ej. escaleras internas prefabricadas) serán consideradas en el análisis estructural del edificio
- El módulo Compact Habit[®] admite la suspensión de elementos sobre el módulo, que se fijarán siempre sobre los zunchos del módulo, y nunca sobre los nervios o los interejos de las caras del módulo, ni tampoco sobre los voladizos.
- Deben computarse las cargas y/o acciones añadidas al módulo, que aumentan la masa y/o las acciones horizontales actuantes, a la hora de realizar la comprobación de la resistencia del edificio.
- Por lo que se refiere a las acciones horizontales, debe tenerse en cuenta que de las dos direcciones del plano horizontal, es más crítica la dirección perpendicular a la longitud del módulo, mientras que en la dirección longitudinal del módulo este presenta una gran inercia resistente.
- En consecuencia, es necesario considerar las acciones añadidas al edificio, e identificar:
 - Si se trata de cargas puramente gravitatorias, que añaden masa al sistema.
 - Si se trata de acciones que presentan componente horizontal y, en este caso, si esta es en la dirección perpendicular al módulo (más crítica) o en la dirección longitudinal.
- En cualquier caso el proyecto tendrá que contemplar la justificación de la adecuación del módulo para soportar estas acciones, tanto a nivel local en los puntos de inserción en el módulo de las acciones en cuestión, como a nivel global de la estabilidad del edificio (véase el anexo 4).

Criterios relativos al anclaje de elementos añadidos al módulo

- Anclajes añadidos durante la fabricación:
 - Los anclajes tendrán que quedar integrados en el módulo, durante la fabricación de éste.
 - Los anclajes se tendrán que integrar en los zunchos perimetrales del módulo o en los nervios, evitando si es posible, las interferencias con el armado de estos zunchos (nunca se podrán integrar ni en los nervios ni en las partes planas de los cerramientos del módulo, ni en los voladizos).
 - Deberán considerarse los efectos del posicionamiento de la armadura de los anclajes.
 - El posicionamiento de los anclajes no tendrá que producir interferencias en el armado del módulo. A tal efecto se tendrá que tener en cuenta que:
 - En general, los anclajes no pueden estar en contacto con las barras longitudinales. Si esto sucediera, se deberá considerar una solución constructiva con continuidad estructural de las barras y secciones pertinentes.

- En caso de contacto del anclaje con un estribo, hará falta duplicar el estribo en cuestión a lado y lado del anclaje, comprobando que la distancia entre estribos no sea superior a la especificada en los cálculos.
- o Deben evitarse anclajes cerca de los elementos de unión horizontal o cerca de los elementos de izado (distancia ≥ 100 mm).
- Anclajes añadidos después de la fabricación:
 - o Se utilizarán anclajes mecánicos o químicos.
 - o La información relativa a las zonas adecuadas para colocar los anclajes será proporcionada por Compact Habit SL en cada proyecto, de acuerdo con la posición de las armaduras y el tipo de sección estructural a utilizar.
 - o En el diseño del anclaje deben tenerse en cuenta la distancia al perímetro dada por el fabricante de los anclajes y la posición de las armaduras.
 - o El Dossier Técnico del titular de Compact Habit SL incluye la información relativa a las zonas permitidas para alojar anclajes.

Número de puntos de conexión vertical entre módulos

Conos de posicionamiento y de cortante:

- El número mínimo de puntos de conexión vertical entre módulos (conos de posicionamiento y de cortante) es 2, pero pueden ser 3, 4 o 6, según las acciones horizontales actuantes. El esfuerzo de cortante de cada unión vertical multiplicada por el número de uniones se compara con las acciones horizontales actuantes.
- Las conexiones se posicionarán lo más distantes que sea posible, y se distribuirán simétrica o asimétricamente a los ejes.
- El cono se posicionará en la viga longitudinal superior, a 125 mm del perímetro exterior longitudinal y a 250 mm del perímetro exterior transversal.
- El cojín elástico del cono se posicionará en la viga longitudinal inferior, a 125 mm del perímetro exterior transversal.

Uniones a tracción:

- Esta unión se utiliza cuando se prevén esfuerzos de tracción entre módulos (p.ej. provenientes de acciones sísmicas).
- Las uniones a tracción se posicionarán cuando exista al menos un nervio doble o un área armada a esfuerzos de tracción y éstas se distribuirán simétrica o asimétricamente a los ejes.
- Se situarán tan cerca del eje estructural de la pared como sea posible.
- El área colindante se armará frente a excentricidades y cortante.

Número de puntos de conexión horizontal entre módulos

- El número de puntos de conexión horizontal entre módulos contiguos dependerá de la solución de unión lateral empleada:
 - o Solución 1 (unión en la superficie superior del forjado de techo): el número y posición de los puntos de unión se definen caso por caso.
 - o Solución 2 (placas de unión en fachada): 4 puntos situados en las 2 fachadas para módulos centrales del edificio (2 puntos para módulos extremos).
- El número mínimo de puntos de conexión horizontal es 4, pero pueden ser más, según las acciones horizontales actuantes.
- Las conexiones se posicionarán lo más distantes que sea posible, y se distribuirán simétrica o asimétricamente a los ejes.
- Las conexiones se posicionarán a ≥ 400 mm del perímetro exterior transversal.

Número de puntos de apoyo entre módulos

El número de puntos de apoyo entre módulos y su distribución sobre la longitud de los zunchos se define caso a caso y para cada planta del edificio, de manera que:

- El número mínimo de puntos de apoyos por módulo es 4.
- Los puntos de apoyo se distribuirán simétrica o asimétricamente a los ejes, priorizando su posicionamiento sobre el eje estructural.
- Es necesario nivelar el punto de apoyo para el apoyo del módulo superior. A tal efecto, se utilizan placas de acero Z275 de diferentes grosores. Los tolerancias para la nivelación son las siguientes:
 - o $\pm 1,0$ mm para la distancia entre cojines ≤ 1.000 mm en una longitud de 3.000 mm.
 - o De lo contrario: $\pm 0,5$ mm para la distancia entre cojines ≤ 1.000 mm.
- Se realizará una distribución de los apoyos en planta para minimizar la diferencia de carga entre los cojines.
- La carga media por cojín será similar en cada forjado. Por tanto, el número de cojines disminuirá de las plantas inferiores a las superiores.
- Es posible agrupar cojines.

La siguiente figura muestra un ejemplo de distribución de los puntos de apoyo de cada planta, para un edificio típico de 6 plantas.

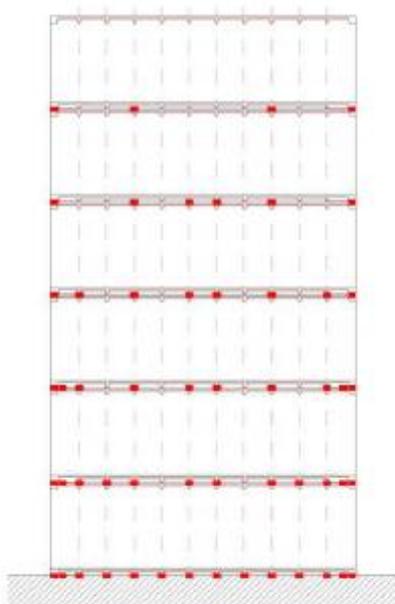


Figura A5.1: Ejemplo de distribución de puntos de apoyo en un edificio.

Número y ubicación de los puntos de izado del módulo

El izado de los módulos se realiza a través de anclajes embebidos en la cara superior de los zunchos de los módulos, con una resistencia a tracción nominal por punto de anclaje de 100 kN²⁴ (considerando un soporte de hormigón con resistencia característica de 25 N/mm²).

²⁴ Compact Habit SL usa los anclajes Pfeifer de 10 toneladas (carga de servicio a tracción = 100 kN/anclaje), que tienen las siguientes características: 200 mm de longitud de anclaje, una cabeza inferior de $\varnothing 70$ mm, una cabeza superior de $\varnothing 46$ mm y $\varnothing 28$ mm de vaina. Presenta un coeficiente de seguridad de 2,5 sobre hormigón armado de 25 N/mm².

El número necesario de puntos de izado del módulo será función de la masa del módulo (masa del módulo desnudo + masa de los posibles revestimientos), considerando que la manipulación del módulo se producirá cuando la resistencia del hormigón sea de 25 N/mm².

La ubicación de los puntos de izado responde a los siguientes criterios generales:

- Los puntos de izado se sitúan sobre la cara horizontal de los zunchos superiores del módulo, a media luz del tramo entre dos nervios del módulo.
- Los puntos de izado se posicionarán tan alejados como sea posible y se distribuirán simétricamente al eje longitudinal.
- Los puntos de izado fijados en un dintel de una abertura deberán calcularse debidamente.
- Se colocará al menos un punto de izado por cada 10 toneladas. La carga admisible por cada punto de izado dependerá de la distribución de los anclajes y de la masa del módulo. No es correcto el cálculo de los puntos de izado dividiendo la masa total del módulo por el número de puntos de anclaje.
- El número mínimo de puntos de izado será 4, y el número total será par.
- El centro de gravedad del módulo será utilizado como eje de distribución para puntos de izado.

El levantamiento de los módulos se realiza mediante anclajes de acero parcialmente embebidos en las vigas longitudinales del suelo. Estos anclajes permiten atar el módulo a la plataforma de transporte.

La distribución de los anclajes de levantamiento resulta de la aplicación de los siguientes criterios:

- La resistencia a la tracción nominal de cada anclaje de levantamiento es 50 kN.
- Los anclajes de levantamiento se posicionarán tan alejados como sea posible y se distribuirán simétricamente a los ejes longitudinales.
- Se colocará al menos 1 anclaje de levantamiento por cada 5 toneladas.
- El número mínimo de anclajes de levantamiento será 4, y el número total será par.

b) Criterios que condicionan el edificio proyectado con el sistema Compact Habit® (pero no el módulo)

Número máximo de plantas apilables del sistema

El módulo Compact Habit® permite la formación de edificios de las tipologías de apilamiento definidas en el cálculo estructural del edificio. Como criterio general se destaca que:

- Los edificios de un apilamiento (1 columna de módulos) quedan generalmente limitados por las acciones del viento. En edificios de 2 o más columnas de módulos estas acciones del viento quedan repartidas entre las diferentes columnas, de modo que, generalmente, el viento deja de ser el factor limitante.
- Los edificios de más de un apilamiento quedan generalmente limitados por las acciones sísmicas, ya que estas son proporcionales a la masa del edificio y por tanto los esfuerzos provocados por el sismo en cada columna de módulos del edificio son independientes del número de columnas del edificio.

Revestimientos interiores

La función básica del revestimiento interior de los módulos es ocultar las instalaciones interiores y aportar un acabado con las condiciones estéticas deseadas. A esta función básica se pueden sumar otras:

- Complementar la resistencia al fuego del módulo Compact Habit®, cuando ésta es insuficiente (véase el capítulo 3.1.2.2).
- Complementar el aislamiento térmico y/o acústico de los cerramientos (véanse los capítulos 3.1.4.3 y 3.1.6, respectivamente).
- Aportar impermeabilidad a las zonas húmedas interiores del edificio.

La solución de revestimiento que se adopte tendrá que responder a los requisitos de reacción al fuego que sean aplicables al proyecto, y al resto de requisitos específicos aplicables en cada caso (resbaladidad de pavimento, resistencia a impactos y cargas excéntricas de trasdosado, etc.).

Revestimientos exteriores

La función básica del revestimiento exterior de los módulos es aportar la impermeabilidad frente al agua de lluvia y el acabado con las condiciones estéticas deseadas en la fachada. A esta función básica se le pueden sumar otras, como complementar el aislamiento térmico y/o acústico de los cerramientos.

En función de la exigencia de comportamiento al fuego exterior que aplique en cada caso, puede hacer falta proteger por su cara exterior los módulos Compact Habit[®] y los elementos metálicos de conexión entre módulos.

El elemento de unión entre módulos que puede quedar directamente expuesto a un posible fuego en fachada son únicamente las uniones horizontales entre módulos (solución 2 de acuerdo con la figura 8b). Cabe recordar que la función estructural de estas uniones consiste únicamente en hacer solidarios los posibles movimientos de las diferentes columnas de módulos de un edificio, durante un sismo.

En función de las exigencias de impermeabilidad frente a la humedad del terreno, hará falta aplicar la solución de revestimiento que adecuada a las partes del edificio que queden en contacto con el terreno. Igualmente hará falta aislar térmicamente el cerramiento inferior del edificio, de acuerdo con las exigencias térmicas que apliquen al proyecto.

Comunicación vertical del edificio

Es posible comunicar verticalmente módulos contiguos en un edificio mediante aberturas en suelos y techos. La comunicación puede realizarse mediante escaleras prefabricadas, rampas, etc. Estos elementos no forman parte del sistema Compact Habit[®]. Los datos proporcionados por el suministrador de dichos elementos (cargas, anclajes necesarios, etc.) se tendrán en cuenta durante las verificaciones estructurales del edificio realizado de módulos.

Edificio Compact Habit[®] sobre estructura porticada preexistente

Cuando el sistema basado en módulos Compact Habit[®] arranque sobre estructura porticada, aplicarán los siguientes criterios particulares:

- El número de apoyos y su posicionamiento se definirá de acuerdo con el resultado de la verificación estructural de cada proyecto específico.

Criterios para el diseño de la cimentación que deben recibir las vigas de cimentación del edificio Compact Habit[®]

La cimentación in situ sobre la que se colocarán las vigas de cimentación del sistema se diseñará caso por caso, con el objetivo de conseguir que el apoyo de estas vigas sea continuo (coeficiente de balasto constante en toda la longitud).

Protección de las cimentaciones

Cuando los valores de los recubrimientos de las armaduras de los elementos de cimentación (véase el anexo 2) no sean adecuados para la colocación de estos elementos en contacto directo con el terreno, hará falta aplicar soluciones de protección que se especificarán caso por caso, en función de las condiciones de agresividad del terreno.

Criterios para la selección de cubiertas

Las soluciones de cubierta son ajenas al módulo Compact Habit[®], y se deben diseñar y ejecutar de acuerdo con los requisitos de impermeabilidad, aislamiento y otros, propios de cada proyecto.

La solución de cubierta que se escoja se fijará sobre el techo del módulo Compact Habit[®] de la última planta del edificio, teniendo en cuenta los criterios de apoyo y fijación que se indican en el anexo 2.

Concepción de las instalaciones

Las instalaciones responden a los criterios de la construcción convencional. Estas quedarán ocultas, en el interior del edificio, por el revestimiento interior que se prevea.

El paso vertical de instalaciones se prevé a través de un cajón situado sobre una o las dos fachadas del módulo.

Este cajón atraviesa el voladizo, si lo hay, o el tramo situado por el lado interior de la fachada, por uno de los tramos planos del elemento horizontal (tramos con canto de 50 mm no estructural).

c) Criterios de diseño relacionados con la resistencia al fuego del edificio

La resistencia al fuego de los módulos se especifica en el capítulo 3.1.2.2. Son posibles diversas combinaciones (estructura exclusivamente de hormigón armado; estructura mixta de acero y hormigón; tipos diferentes y dimensiones de sección estructural, uso de mortero de protección, uso de aislamiento entre nervios).

Las prestaciones del edificio realizado de módulos Compact Habit[®] con las configuraciones particulares seleccionadas de las mencionadas combinaciones se determinará en cada proyecto de edificio particular.

A5.3 Puesta en obra

Deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos principales de las instrucciones de instalación incluidas en el Dossier Técnico del titular.

Diferencias de cota máximas que admite el sistema Compact Habit[®]

La nivelación de la cara superior de las vigas de cimentación sobre las que arranca el edificio Compact Habit[®] debe cumplir una tolerancia de $\pm 1,0$ mm. Este mismo criterio aplica a la cara superior de los módulos Compact Habit[®], en cada planta del edificio.

La diferencia de cota máxima que admite el sistema Compact Habit[®], a causa de deformaciones y asentamientos diferidos, sobre una misma línea de apoyos es:

- Sistema sobre cimentaciones: asentamiento máximo de 10 mm.
- Sistema sobre estructura ajena: la deformación máxima admisible es el menor de $L/500$ y 10 mm.
- La diferencia de cota máxima entre dos líneas de apoyo es 3 mm.

Definición de niveles y marcado de ejes

Excavación + hormigón de limpieza

- Excavación de zapatas y riostras según diseño de cimentación.
- Cimentación en obra (solución 1): la cimentación se diseña y ejecuta en obra. La cimentación incluye incluirá los elementos fabricados en fábrica del sistema Compact Habit[®] (vaina y estribo) descrito en el apartado 1.3 del anexo 1.
- Cimentación con *Viga de cimentación Compact Habit[®]* (solución 2): aplicación de hormigón de limpieza, generalmente, 7 cm de hormigón en masa con $f_{ck} \geq 20$ N/mm², sobre el que posteriormente se colocarán las vigas de cimentación, a las que se fijará el edificio.
- Cimentación con *Cimentación prefabricada Compact Habit[®]* (solución 3): en este caso la capa de hormigón de limpieza es de hormigón autocompactable, de 10 cm de grosor y se realiza durante la fase de hormigonado de las cimentaciones.

Colocación de armaduras y utilajes

Cimentación llevada a cabo en obra (solución 1)

- La posición del elemento de unión (vaina y estribo) se realiza con las tolerancias de obra.
- Se comprobará que la nivelación de la cara superior de la vaina cumpla una tolerancia de $\pm 5,0$ mm; y que el punto central de la vaina cumpla una tolerancia de $\pm 50,0$ mm

Colocación de las vigas de cimentación (solución 2)

- Colocación de las vigas de cimentación.
- Conexión de los armados que se descuelgan de las vigas, con los armados de las cimentaciones in situ.
- Comprobación de la nivelación de la cara superior de las vigas, que debe cumplir una tolerancia de $\pm 1,0$ mm, y corrección del nivel a través de la regulación que permiten los utilajes.
- Finalmente las cotas de la cara superior de la viga de cimentación se pueden terminar de corregir usando las placas de regrueso del sistema (arandelas de 1, 2, 3, y 5 mm).
- Para el caso de la tipología con *Cimentación prefabricada*, se colocarán estos elementos prefabricados de manera que se cumplan las mismas exigencias definidas para el caso de las *vigas de cimentación realizadas en obra*.

Hormigonado de la cimentación (solución 1)

- Hormigonado de la cimentación in situ de acuerdo con el diseño propio de cada proyecto (hormigón de resistencia mínima con $f_{ck} \geq 25$ N/mm²).
- Para los elementos prefabricados de cimentación, se tratará la superficie hormigonada nivelándolo con una tolerancia de $\pm 5,0$ mm (el ancho mínimo de nivelación es de 300 mm cuando el módulo se encuentra en el extremo del edificio, y 600 mm para soportes dobles).
- Los huecos de la vaina en los elementos de cimentación prefabricados se protegerán para prevenir el hormigonado en su interior.
- La cimentación del edificio se hormigonará completamente de una vez (tanto los elementos de cimentación lineal como transversal)

Hormigonado de la cimentación (solución 2)

- Hormigonado de la cimentación in situ de acuerdo con el diseño propio de cada proyecto (hormigón de resistencia mínima con $f_{ck} \geq 25$ N/mm²).
- El hormigón remontará como mínimo 5 cm respecto de la cara inferior de la viga de cimentación.
- Se tomarán las precauciones necesarias para no ensuciar las roscas inseridas y apoyos de la viga.
- Las cimentaciones se hormigonarán en una sola operación (cimentaciones y riostras).
- Para el caso de la tipología con *Cimentación prefabricada*, se hormigonará la capa inferior de hormigón de limpieza (10 cm) con hormigón autocompactable, para que este llene bien todo el volumen por debajo y alrededor del elemento prefabricado.

Finalización de la planta y control de niveles

Se hace el control taquimétrico de la nivelación de cada planta y, si hace falta, la corrección de este nivel mediante las placas de regrueso.

Para la cimentación llevada a cabo en obra, la funda metálica se sitúa dentro de la vaina (usando la plantilla metálica) para asegurar un correcto posicionamiento de los conos del módulo y un correcto nivel horizontal entre otros puntos de soporte. La precisión horizontal de nivelación requerida es de $\pm 1,0$ mm. Una vez la funda metálica esté situada adecuadamente, el espacio entre la funda y la vaina debe rellenarse usando un mortero de alta resistencia (definido en el capítulo A2.4 del anexo 2) y

dejarlo 24 h para garantizar una resistencia de mortero mayor a 30 N/mm^2 antes de proceder a la colocación del módulo.

Elevación del módulo con grúa

- Se sitúa la grúa en el lugar adecuado de acuerdo con la secuencia prevista de montaje de los módulos en el edificio y la trayectoria del brazo de la grúa: si la grúa gira hacia la izquierda sobre el edificio, este se montará de izquierda a derecha y viceversa.
- Se enganchan los utilajes de elevación a las cabezas de bulón que sobresalen a tal efecto.
- Se inicia la elevación del módulo, hasta que se regularizan las tensiones de las fijaciones y se revisan todos los puntos de unión.

Posicionamiento del módulo

- La grúa posiciona de forma aproximada el módulo sobre las superficies de apoyo, y este posicionamiento se afina manualmente mediante cuerdas.
- Cuando el posicionamiento es correcto, se baja el módulo lentamente hasta que el módulo entra en contacto con el módulo inferior.

Asentamiento sobre los apoyos

- Se verifica visualmente que el contacto es correcto en todos los puntos de apoyo.
- Se desenganchan los útiles de carga del módulo.

Unión lateral entre módulos

Solución 1:

La unión horizontal entre módulos situados en el forjado de techo se realizará una vez estén colocados cada par de módulos contiguos del piso en cuestión. Estas uniones se apretarán a su par nominal de apriete (véase la tabla A2.3 en el anexo 2), una vez todos los módulos de un piso estén colocados correctamente.

Se dejará un espacio entre módulos adyacentes para evitar el contacto entre ellos.

Solución 2:

La unión lateral entre módulos se ejecutará en el momento que cada pareja de módulos de una planta haya sido colocada. Esta unión se apretará, de forma provisional, a un par de apriete bajo.

Una vez que se hayan colocado todos los módulos que constituirán el edificio, se hayan aplicado las posibles cargas añadidas al edificio, y se hayan producido, por tanto los correspondientes asentamientos, las uniones horizontales entre módulos se acabarán de apretar hasta su par de apriete nominal (véase la tabla A2.3 en el anexo 2).

Se dejará un espacio entre módulos adyacentes para evitar el contacto entre ellos.

Ejecución de escaleras o elementos contiguos al edificio

La ejecución de las escaleras, cajas de ascensores o elementos auxiliares del edificio tendrá que respetar la secuencia de colocación de los módulos, para no interferir en los espacios y recorridos de manipulación y colocación de los módulos.

Sellado de la junta entre módulos contiguos comunicados por aberturas

La solución de protección al fuego que se escoja en proyecto tendrá que resolver adecuadamente el sellado de la junta en todo el perímetro de las posibles aberturas existentes entre los módulos (en esos casos en que una misma unidad de uso ocupe más de un módulo). Esta solución tendrá que sellar al fuego esta junta y, al mismo tiempo, tendrá que respetar el movimiento relativo que se pueda producir entre los módulos.

A5.4 Recomendaciones

A5.4.1 Recomendaciones de embalaje, transporte y almacenamiento

El diseño del módulo estándar prevé su manipulación cuando el hormigón alcanza la resistencia de 25 N/mm².

Las dimensiones y masas del módulo estándar acabado, a efectos de su manipulación y transporte, se definen en la tabla 1 del ETE.

El módulo contempla anclajes laterales situados en su base, para su fijación al remolque del camión.

El remolque del camión consiste en una góndola extensible dotada de un sistema de articulación que evita que el módulo quede sometido a torsiones durante el transporte.

La manipulación en obra del módulo se hará con una grúa móvil, cuyo tonelaje dependerá de las condiciones de accesibilidad y de las dimensiones del solar.

Después de la colocación de cada módulo, se verificará su estado para comprobar que durante el transporte, manipulación y colocación en obra no haya sufrido daños que hubieran podido pasar inadvertidos.

A5.4.2 Recomendaciones de uso, mantenimiento y reparación

El fabricante especifica en cada proyecto las condiciones de uso, mantenimiento y reparación del edificio hecho con módulos Compact Habit[®], en función de las condiciones específicas que aplican al edificio (teniendo en cuenta su configuración, localización y soluciones de revestimiento y acabado adoptadas).

No se establecen recomendaciones de uso y mantenimiento específicas del sistema Compact Habit[®], diferentes de las propias de cualquier estructura de hormigón armado con elementos metálicos de unión. En este sentido, las revisiones periódicas de mantenimiento tendrán que referirse, entre otros aspectos, al estado de los elementos estructurales de hormigón armado (recubrimientos, estado del hormigón, etc.), y al estado de los elementos metálicos de conexión entre módulos, incluido el estado de los recubrimientos de protección a la corrosión de estos elementos metálicos, en los casos en que se dispongan.