

INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA  
C/ Serrano Galvache n.º 4. 28033 Madrid  
Tel. (+34) 91 3020440  
e-mail: [dit@ietcc.csic.es](mailto:dit@ietcc.csic.es)  
web: [dit.ietcc.csic.es](http://dit.ietcc.csic.es)



## DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 558p /23

Publicación emitida por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Prohibida su reproducción sin autorización.

<b>Área genérica/Usos previstos:</b>	<b>Sistema portante de paneles de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido (EPS)</b>
<b>Nombre comercial:</b>	<b>BAUPANEL</b>
<b>Beneficiario:</b>	<b>BAU PANEL SYSTEM S.L.</b>
<b>Sede social:</b>	c/ Velázquez, 100, planta 4 izquierda 28006 - Madrid e-mail: <a href="mailto:info@baupanel.com">info@baupanel.com</a> Web: <a href="https://www.baupanel.com">https://www.baupanel.com</a>
<b>Lugar de fabricación:</b>	Avda. Del Poeta Muñoz Rojas 10b Poligono Industrial de Antequera 29200 Antequera (Málaga)
<b>Validez. Desde:</b>	12 de mayo de 2023
<b>Hasta:</b>	12 de mayo de 2028 (Condicionada a seguimiento anual)

**Este Documento consta de 26 páginas**



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA EN CONSTRUCCIÓN  
UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION  
EUROPEAN UNION FOR TECHNICAL APPROVAL IN CONSTRUCTION  
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREEMENT IN BAUWESEN



## MUY IMPORTANTE

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. No tiene, por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía. La responsabilidad del IETcc no alcanza a los aspectos relacionados con la Propiedad Intelectual o la Propiedad Industrial ni a los derechos de patente del producto, sistema o procedimientos de fabricación o instalación que aparecen en el DIT.

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA PLUS (en adelante DIT plus) es una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja que, basándose en el procedimiento DIT, evalúa aspectos voluntarios no cubiertos por el marcado CE.

El DITplus se fundamenta en los principios establecidos en el "Application Document" desarrollado por la Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc) y puede ser aplicado a las dos especificaciones técnicas armonizadas establecidas en el Reglamento (UE) Nº 305/2011 de Productos de Construcción.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.

**La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.**

C.D.U.: 692.251  
Sistema Constructivo  
Systèmes de Construction  
Building System

## DECISIÓN NÚM. 558p /23

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto n.º 3652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden n.º 1265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando el artículo 5.2, apartado 5, del Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) sobre conformidad con el CTE de los productos, equipos y sistemas innovadores, que establece que un sistema constructivo es conforme con el CTE si dispone de una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto,
- considerando el procedimiento IETcc-0405-DP de mayo de 2005, revisado en diciembre de 2018, por el que se regula la concesión del DITplus,
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998,
- en virtud de los vigentes Estatutos de l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc),
- de acuerdo a la solicitud formulada por la BAUPANEL SYSTEM S.L., para la RENOVACIÓN del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA PLUS N.º 558R /17 concedido al Sistema portante de paneles de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido (EPS),
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras y fabricas realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc n.º 20 602-I, 21 429-I, 21 429-II y 21 429-III del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), los informes n.º 3725T19, 3528T18, del Laboratorio AFITI y el informe 06020108 de EUROCONSULT, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, establecida conforme al Reglamento del DITplus,

### DECIDE:

Conceder el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA PLUS número 558p /23, al **Sistema portante de paneles de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido (EPS) BAUPANEL**, considerando que:

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es **CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)**, siempre que se respete el contenido completo del presente Documento y en particular las siguientes condiciones:

### CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA PLUS evalúa exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el beneficiario y tal y como se describe en el presente Documento, debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto técnico y llevarse a término mediante la

2



oportuna dirección de obra. Será el proyecto técnico el que contemple las acciones que el Sistema transmite a la estructura general del edificio, asegurando que estas son admisibles.

En cada caso, el beneficiario de este DITplus, a la vista del proyecto técnico, proporcionará la asistencia técnica suficiente que permita el cálculo y definición del sistema para la ejecución de la obra, incluyendo toda la información necesaria de cada uno de los componentes.

### **CONDICIONES DE CÁLCULO**

En cada caso, el beneficiario del DITplus comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico de este DITplus, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados límite último y de servicio, en las condiciones establecidas por la Normativa en vigor y para la situación geográfica concreta.

### **CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL**

El fabricante deberá mantener el autocontrol que realiza en la actualidad sobre las materias primas, proceso de fabricación y producto acabado conforme a las indicaciones del apartado 5 del presente Documento.

### **CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y DE PUESTA EN OBRA**

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por el beneficiario del DITplus o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por este, con su asistencia técnica. Dichas empresas garantizarán que la puesta en obra del Sistema se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente Documento, respetando las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos.

Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones durante el montaje, a los riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad y Salud en el Trabajo.

### **CONDICIONES DE CONCESIÓN**

Debe tenerse en cuenta que el Sistema BAUPANEL ha sido también evaluado mediante la Evaluación Técnica Europea (ETE) 16/0432 de acuerdo con el EAD 340002-00-0204, para los paneles de alambres de acero con aislamiento térmico incorporado.

Los requisitos establecidos para la concesión del DITplus definen supervisiones del control de producción más exigentes que las indicadas en el EAD para la obtención del mercado CE, considerando un mínimo de visitas anuales a realizar por el IETcc o Laboratorio reconocido por este.

El Sistema BAUPANEL dispone de Declaración de Prestaciones n.º 1219-CPR-0273 y su correspondiente mercado CE en virtud de Certificado de Constancia de Prestaciones n.º 1219-CPR-0273.

Este DITplus está condicionado a que el fabricante mantenga en vigor el Certificado de Constancia de Prestaciones para poder realizar el mercado CE para el Sistema BAUPANEL

### **VALIDEZ**

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA PLUS N.º 558p /23 sustituye y anula el documento n.º 558R /17 y es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica Plus,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las realizaciones más recientes.

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DITplus, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 12 de mayo de 2028.

Madrid, 12 de mayo de 2023

**Ángel castillo Talavera**

DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS  
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



## INFORME TÉCNICO

### 1. OBJETO

BAUPANEL es un sistema constructivo basado en un conjunto de paneles estructurales de poliestireno expandido ondulado con una armadura básica adosada en sus caras constituida por mallazos de acero de alta resistencia, vinculados entre sí por conectores de acero electrosoldados. Las mallas de acero de algunos tipos de paneles pueden incorporar barras de acero corrugado según necesidad.

Estos paneles colocados en obra según la disposición de muros, tabiques y forjados que presente su proyecto son completados in situ mediante la aplicación de micro-hormigón a través de dispositivos de impulsión neumática o mediante el vertido utilizando sistemas de encofrados.

De esta manera, los paneles conforman los elementos estructurales de cerramiento vertical y horizontal de un edificio cuya capacidad portante será calculada según el modelo de cálculo descrito en el apartado 8 del presente Informe Técnico.

### 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema portante de paneles de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido BAUPANEL es de junta húmeda, puesto que la unión entre los diferentes elementos que integran el sistema es continua. No existe, por lo tanto, ninguna clase de juntas horizontales ni verticales una vez proyectado el micro-hormigón.

BAUPANEL es un sistema abierto, puesto que permite combinarse con otros sistemas constructivos tradicionales y no tradicionales.

Los elementos que componen el sistema BAUPANEL son:

- Paneles portantes verticales BSR:  
Elementos de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido para interiores o exteriores. Estos elementos trabajan verticalmente entre forjados y resisten cargas tanto verticales (peso propio, sobre carga de uso, etc) como horizontales (viento, sismo, empujes de suelo, etc). Además, pueden trabajar a flexión como jácenas de gran canto, colocados verticalmente. Se fabrican para espesores totales entre 105 y 275 mm de espesor con longitud variable.
- Paneles para forjados BSF:  
Elementos de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido que constituyen las placas de forjado, pueden ser horizontales o inclinadas. Son elementos destinados a soportar las cargas verticales que afectan al tablero de cada piso o en la cubierta. Cumplen también la función de transmitir y distribuir las cargas horizontales a los elementos verticales portantes.

El presente documento estudia y evalúa únicamente el sistema estructural de paneles portantes y forjados descritos hasta el momento, aunque el fabricante dispone de otros elementos que, utilizados simultáneamente con los anteriores, completan el sistema con cerramientos y particiones interiores, como son:

- Paneles no portantes verticales BSN:  
Elementos de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido para interiores o exteriores. Son elementos sin función estructural, con los mismos espesores de los paneles BSR.

#### 2.1 Paneles

El panel de cerramiento estructural está constituido por una placa ondulada de poliestireno expandido, densidad igual o superior a 15 kg/m<sup>3</sup>, de un ancho estándar de 1125 mm, que lleva adosadas en sus caras, sendas mallas de acero vinculadas entre sí por 41 conectores de acero electro-soldados por cada metro cuadrado de superficie (ver Figura 1 y Figura 2).

El espesor del poliestireno expandido puede variar desde 30 mm hasta 300 mm, en función de las necesidades del proyecto arquitectónico. Este más el espesor medio del micro-hormigón proyectado, que es de 3,5 cm como mínimo por cada cara para el panel vertical BSR y 3 y 5 cm (zona de compresión) para el panel BSF (forjado), conforman el espesor total del muro. La profundidad de la onda del EPS es de 22 mm y la separación de las mismas es de 180 mm, resultando 6 ondas longitudinales por cada placa de ancho nominal 1100 mm (ver Figura 3).

Los mallazos de acero están constituidos por 20 alambres longitudinales en cada cara, 6 de las cuales son de acero corrugado de diámetro 5 mm y los 14 restantes son lisas galvanizadas de diámetro 2,5 mm (ver Figura 1 y Figura 2). En la dirección secundaria se dispone de un alambre de acero liso galvanizado de diámetro 2,50 mm cada 6,50 cm. Por tanto, la cuadrícula de armaduras resultante es de 6,25 x 6,50 cm.

Estos mallazos se encuentran unidos entre sí a través de 41 conectores de diámetro 3 mm por cada metro cuadrado de superficie de panel, dispuestos en grupos de 12 conectores cada 18 cm, por cada placa de 1100 mm de ancho.

Para el encuentro de cerramientos que forman ángulo entre sí, la continuidad se resuelve mediante las mallas angulares que se suministran a tal fin.

Los paneles verticales, una vez instalados y tras su hormigonado, constituyen el muro portante del edificio ya que poseen capacidad suficiente para resistir esfuerzos de compresión (centradas y excéntricas), de flexión y de corte.

Estos paneles pueden utilizarse también como muros de contención de suelos o muros para sótanos con una altura de hasta 3 metros y para alturas superiores con necesidad de justificación



por cálculo y con una cimentación adecuada para dichos muros de contención. Además, podrá suplementarse el sistema, disponiendo paneles verticales perpendiculares a modo de contrafuertes, reforzados con barras corrugadas según cálculo.

El espesor de recubrimiento del acero será, como mínimo, de 30 mm en cada cara para los paneles verticales.

Los paneles horizontales constituyen forjados con luces entre apoyos de hasta 5 metros, con capacidad para resistir esfuerzos de flexión y cortante.

En los paneles BSF (forjados), el espesor mínimo de micro-hormigón de la capa de compresión es de 50 mm, mientras en la capa de tracción se sigue manteniendo con un espesor mínimo de 30 mm. Estos recubrimientos se refieren a la distancia desde la parte externa de la onda del poliestireno expandido hasta la superficie exterior del micro-hormigón.

## 2.2 Uniones y refuerzos

### 2.2.1 Unión con la cimentación

La unión de los paneles con la cimentación se realiza con armadura de acero corrugado para el anclaje de diámetro mínimo 6 mm con disposición en tresbolillo, es decir, alternándose en las caras del panel (ver Figura 4).

Tanto la armadura básica de montaje como el resto de armadura necesaria para el anclaje, se definirá por cálculo y según lo requerido en el punto 11.1 del presente Informe Técnico.

### 2.2.2 Unión vertical entre paneles

Los mallazos de acero de los paneles sobresalen 50 mm en caras opuestas, de modo que, al unir dos paneles, las mismas se solapan entre sí asegurando la continuidad por superposición, sin necesidad de colocar elementos adicionales de empalme. La Figura 5 muestra la unión entre muros verticales vistos en planta.

### 2.2.3 Mallazos de unión

Para la unión o refuerzo de otros puntos singulares, se utilizan los siguientes mallazos de unión:

- Para el encuentro de cerramientos que forman ángulo entre sí (ver Figura 5 y Figura 6), la continuidad se resuelve mediante las mallas angulares de 227 x 227 mm (tipo **MA**), de 162 x 292 mm (tipo **MA1**) o de 162 x 422 mm (tipo **MA2**), ambas por 1,1151 m de ancho, fabricadas en el mismo acero que los mallazos de los paneles (acero liso galvanizado de diámetro 2,5 mm cada 6,5 cm).
- Para asegurar la continuidad en los lados del panel sin solape y para reforzar las esquinas de huecos en los muros, se utilizan las mallas planas

fabricadas en el mismo acero que los mallazos de los paneles con dimensiones 260 x 1151 mm (tipo **MP**), 50 x 1151 mm (tipo **MPR**) o de ancho especial y longitud 1151 mm (tipo **MPE**).

- Las mallas en forma de U (tipo **MU**) tienen como finalidad permitir la adherencia del micro-hormigón al EPS en los bordes de panel expuestos: aberturas internas, aleros, etc. (ver Figura 6).

### 2.2.4 Unión de panel con forjado

Las uniones de los muros con los forjados se resuelven como se muestra en la Figura 8 (muro interior) y Figura 9 (muro exterior).

Cuando los forjados se encuentren apoyados en sus cuatro bordes, podrán disponerse armaduras corrugadas suplementarias en obra en la dirección perpendicular a las barras corrugadas de diámetro 5 mm en los mallazos del panel, a los efectos de conformar forjados bidireccionales. El refuerzo perpendicular como máximo podrá tener la capacidad mecánica de las armaduras principales de los paneles. En estos casos, la luz máxima de los forjados podrá ser de 6,0 metros, verificándose los momentos flectores de servicio y las flechas máximas admisibles en estado elástico según lo estipulado en el Código Estructural. Estos casos suelen ser suplementados mediante zunchos o macizados.

### 2.2.5 Unión con panel superior

La continuidad de un panel con el superior se resuelve mediante mallas planas y según los detalles facilitados por el fabricante que se muestran en la Figura 8 y Figura 9.

## 3. MATERIALES Y COMPONENTES

Las piezas que componen los paneles del Sistema BAUPANEL están fabricadas en poliestireno expandido (EPS), mallas de acero y micro-hormigón.

### 3.1 Poliestireno expandido

El poliestireno expandido (EPS) es un material termoplástico obtenido por la polimerización del estireno. El EPS como material está constituido por la unión de multitud de perlas expandidas de poliestireno, producidas durante un proceso de moldeo con aporte de calor en forma de vapor de agua.

El poliestireno expandido contará con Declaración de Prestaciones (marcado CE) con, al menos, las siguientes características según UNE-EN 13163:2013+A2:2017<sup>(1)</sup>:

- Densidad nominal:  $\geq 15 \text{ kg/m}^3$
- Conductividad térmica: 0,041 W/m·K
- Clase de reacción al fuego según UNE-EN 13501-1:2019<sup>(2)</sup>: E

<sup>(1)</sup> UNE-EN 13163:2013+A2:2017. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.

<sup>(2)</sup> UNE-EN 13501-1:2019. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción



- Tensión de compresión al 10 % de deformación:  $\sigma_{10} \geq 60$  kPa.
- Resistencia a la flexión:  $\sigma_B \geq 100$  kPa.
- Estabilidad dimensional
- Código de designación: DS(N)5 – DS(70,90) EPS EN 13163 T2 L3 W3 S5 P10

El espesor del núcleo de poliestireno expandido de los paneles deberá ser tal, que el aislamiento térmico correspondiente al cerramiento obtenido, cumpla los requisitos exigidos por el CTE-DB-HE relativos al Ahorro Energético.

Dado que el poliestireno expandido es continuo en todos los muros de cerramiento, no se producen puentes térmicos. En el caso de que se realicen cajeados para el paso de instalaciones en los muros, los huecos se deben rellenar con espuma de poliuretano.

Considerando la conductividad térmica certificada según UNE-EN 13163:2013+A2:2017<sup>(1)</sup> para la densidad 15 kg/m<sup>3</sup> resultan los valores de transmitancia térmica «U», mostrados en la Tabla 1, según declara el fabricante.

**Tabla 1.** Transmitancia térmica de los paneles

CERRAMIENTO VERTICAL	
FLUJO HORIZONTAL	
PANEL TIPO	U (W/m <sup>2</sup> K)
BSR-40	0,844
BSR -60	0,597
BSR -80	0,462
BSR -100	0,377
BSR -120	0,318
BSR -140	0,275
BSR -160	0,243
BSR -180	0,217
BSR -200	0,196
BSR -220	0,179
BSR -240	0,164
BSR -260	0,152
BSR -280	0,142
BSR -300	0,132

Nota: Estos valores han sido calculados según el CTE-DB-HE relativo al Ahorro Energético, habiéndose considerado una conductividad térmica del micro-hormigón proyectado de 1,8 W/m·K.

### 3.2 Aceros

#### 3.2.1 Barras de acero corrugado

Las barras corrugadas de acero tendrán límite elástico mayor de 500 MPa, alargamiento en rotura

y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

<sup>(3)</sup> UNE 36099:1996. Alambres corrugados de acero para armaduras de hormigón armado.

<sup>(4)</sup> UNE-EN ISO 16120-2:2017. Alambres de acero no aleado para la fabricación de alambre. Parte 2: Requisitos específicos del alambre de uso general. (ISO 16120-2:2017).

<sup>(5)</sup> UNE-EN 10244-2:2010. Alambre de acero y productos de alambre. Recubrimientos metálicos no ferrosos sobre alambre

superior al 8 % y resistencia a tracción mayor de 550 MPa según UNE 36099:1996<sup>(3)</sup>.

#### 3.2.2 Alambres de acero galvanizado

Las mallas se componen de alambres lisos de acero galvanizado, con límite elástico asociado (valor para el cálculo) 600 MPa. La deformación unitaria característica a carga máxima será  $\geq 5$  % y la relación resistencia última / límite elástico será  $\geq 1,08$ . En cuanto a composición química, cumplirá lo establecido en UNE-EN ISO 16120-2:2017<sup>(4)</sup>.

La capa mínima del galvanizado será de 45 g/m<sup>2</sup> para el diámetro de 2,5 mm y de 50 g/m<sup>2</sup> para el diámetro de 3 mm, según UNE-EN 10244-2:2010<sup>(5)</sup>.

#### 3.3 Micro-hormigones

Se utilizarán micro-hormigones que cumplan las especificaciones marcadas en el Código Estructural, según la clase general de exposición ambiental en que se encuentre ubicada la obra.

Los componentes del micro-hormigón para proyectar cumplirán los requisitos recogidos en UNE-EN 14487-1:2023<sup>(6)</sup>.

Los cementos empleados serán CEM I o CEM II según UNE-EN 197-1:2011<sup>(7)</sup>, de clase resistente 32,5 MPa o 42,5 MPa, debiendo cumplir las especificaciones fijadas el Código Estructural.

Los áridos podrán ser naturales o de machaqueo y deberán cumplir las prescripciones fijadas en el Código Estructural, con la única limitación de que para favorecer la impulsión neumática el tamaño máximo del árido sea 6 mm.

La mezcla con que se realice la proyección neumática del micro-hormigón deberá complementar los requisitos que se enumeran a continuación:

- Consistencia: debe poder ser aplicado en capas de alrededor 2 cm sin que se produzcan desprendimientos.
- Resistencia: a los fines de cálculo se considerará una resistencia a la compresión de 25 MPa.
- Baja retracción de fraguado: para evitar la fisuración provocada por la evaporación del exceso de agua de amasado, se empleará en la dosificación fibras de polipropileno de 12 mm de longitud, con marcado CE según UNE-EN 14889-2:2008<sup>(8)</sup>, de modo que la retención sea inferior a 0,4 mm/m.

La dosificación del micro-hormigón proyectado, con la posible incorporación de aditivos, se realizará

de acero. Parte 2: Recubrimientos de cinc o de aleaciones de cinc.

<sup>(6)</sup> UNE-EN 14487-1:2023. Hormigón proyectado. Parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad.

<sup>(7)</sup> UNE-EN 197-1:2011. Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.

<sup>(8)</sup> UNE-EN 14889-2:2008. Fibras para hormigón. Parte 2: Fibras poliméricas. Definición, especificaciones y conformidad.



conforme al Código Estructural y de tal forma que se consigan los requisitos antes descritos.

También podrán emplearse morteros secos industriales elaborados por empresas que posean sello de calidad. En este caso los morteros industriales deberán cumplir con todos los requerimientos antes expuestos además de lo dispuesto en la norma UNE-EN 998-1:2018<sup>(9)</sup>.

## 4. FABRICACIÓN

### 4.1 Lugar de fabricación

El sistema BAUPANEL es fabricado por la empresa BAUPANEL SYSTEM S.L., ubicada en Avda. del Poeta Muñoz Rojas 10b, Polígono Industrial de Antequera (Málaga). La planta industrial cuenta con un sistema de aseguramiento de la calidad para la fabricación de sus productos.

### 4.2 Documentos para la fabricación

El *Diario de producción de paneles* es el documento específico que recoge los paneles a fabricar (tipo, cantidad, dimensiones, materiales requeridos, etc.) en el que se registra el ensamblaje de paneles en la paneladora, los controles dimensionales, acabados y conformidad final. En los *estadillos de control de procesos*, se recogen las verificaciones que se realizan para las actividades previas del proceso de fabricación, como son: el corte de bloques del pantógrafo, la producción de mallazo básico y mallas de unión y refuerzo.

### 4.3 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de los paneles BAUPANEL transcurre fundamentalmente en tres etapas:

#### 4.3.1 Corte de los bloques de poliestireno expandido

La placa núcleo de los paneles de forma ondulada se obtiene mediante el corte con pantógrafo de bloques de poliestireno expandido de 4,0 x 1,0 x 1,125 m.

Estos bloques son cortados con una línea de corte programada a partir de una máquina computerizada que combina el movimiento de translación horizontal del bloque, con el movimiento vertical de un conjunto de alambres que separados según el espesor del panel que se desea fabricar, describe el perfil ondulado que se observa en la Figura 3.

Alternativamente, esta operación puede desarrollarse en la fábrica del proveedor de EPS y las planchas se reciben ya cortadas con el espesor y la sección requerida.

### 4.3.2 Producción del mallazo de acero básico

A partir de bobinas de alambres de acero lisos de diámetros 2,5 y 3,0 mm y corrugadas de 5 mm, un equipo automático controlado por microprocesador realiza el ensamblaje de la malla electrosoldada que está compuesta por 15 alambres longitudinales, espaciadas en promedio 7,50 cm con barras transversales espaciadas 6,50 cm.

Esta máquina soldadora automática posee control total de la calidad de soldadura con actuadores regulables de 0 a 100 que operan sobre cada uno de los siguientes puntos:

- Precompresión de los alambres a soldar por las pinzas de soldadura.
- Intensidad de la corriente.
- Retención de las pinzas de soldadura.

De esta manera se selecciona cada uno de los parámetros necesarios para la correcta soldadura de los diferentes aceros que integran los mallazos con la máxima penetración.

Una vez producida cada malla de la medida programada, un dispositivo automático procede a la descarga y el acopio de la misma.

### 4.3.3 Ensamblaje de paneles

Colocado en una mesa de entrada el conjunto formado por dos mallas de acero electrosoldadas con una placa ondulada de poliestireno expandido entre ellas y del espesor de producción requerido, una máquina automática procede a unir estos elementos por medio de conectores de acero de 3,0 mm de diámetro.

Estos conectores son introducidos por 6 cilindros verticales que son abastecidos por bobinas de alambre de acero. Estos cilindros enderezan, trasladan y cortan los separadores, mientras que un conjunto formado por 12 pinzas de soldadura (6 superiores y 6 inferiores) procede a la unión de los conectores a las mallas.

En este caso, al igual que en la producción de las mallas, se controlan por microprocesador los tres parámetros completos de cada soldadura.

Esta máquina tiene un sincronismo de todas las tareas de manera tal que va colocando los conectores a medida que el panel es desplazado horizontalmente a lo largo de la máquina. Realiza hasta 160 puntos de soldadura por cada metro cuadrado de panel.

### 4.3.4 Producción de mallazos de unión

Para obtener las mallas planas (MP) y de refuerzo angular (tipo MA o MA1), descritas en el punto 2.2, se utiliza una máquina controlada por microprocesador que produce el corte simple o el corte y el plegado a 90° de tramos de malla entera.

<sup>(9)</sup> UNE-EN 998-1:2018. Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido.



## 5. CONTROL DE CALIDAD

El sistema posee marcado CE por la vía voluntaria a través de la ETA 16/0432, el Certificado de Constancias de las Prestaciones 1219-CPR-0273 y la propia Declaración de Prestaciones (DdP) del fabricante. El control de producción en fábrica se lleva a cabo según EAD 340002-00-0204<sup>(10)</sup>, el cual establece un Sistema de Evaluación y Verificación de la Constancia de las Prestaciones 1 según el RPC<sup>(11)</sup>.

BAUPANEL SYSTEM S.L. tendrá registrados y a disposición del IETcc todos los controles y certificados que a continuación se indican, para garantizar la calidad y trazabilidad de los productos.

### 5.1 Controles de recepción en fábrica

La trazabilidad de los materiales queda registrada en el documento «*Tabla para el control de materiales en su recepción*» junto con los certificados de proveedor y la documentación del suministrador.

#### 5.1.1 Poliestireno expandido

El control de recepción del EPS consiste en la verificación de la correspondencia entre la especificación de compra y el producto recibido así como en la vigencia de la Declaración de Prestaciones (marcado CE) del producto, emitida por el proveedor según la norma UNE-EN 13163:2013+A2:2017<sup>(12)</sup>, que dé cumplimiento a las características requeridas en el apartado 4.1 del presente Informe Técnico.

En el caso de que el corte vaya a realizarse en la fábrica, la recepción de los bloques de EPS se controla desde los siguientes aspectos:

##### a) Visual

Sobre el 100 % del material recibido en Planta de producción se efectúa un control visual que implica:

- Integridad del bloque.
- Correspondencia de Orden de compra con Documento de Transporte.
- Verificación de Marcado de cada bloque.

##### b) Dimensional

Cada 5 bloques que se reciben en Planta se efectúa un Control dimensional donde se procede a la medición con cinta métrica y verificados con una tolerancia dimensional de  $\pm 2$  cm; se verificará la ausencia de defectos visibles.

<sup>(10)</sup> EAD 340002-00-0204: Panels of steel wires with incorporated thermal insulation for a whole structure. Ed. February 2016. Decisión 2003/728/EC. Sistema 1.

<sup>(11)</sup> Reglamento Europeo de Productos de Construcción (UE) 305/2011 de 9 de marzo de 2011. Anexo V.

<sup>(12)</sup> UNE-EN 13163:2013+A2:2017. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.

##### c) Densidad

Una vez medidos son pesados con balanza electrónica de Clase I, a los efectos de realizar el cociente entre su peso y volumen para determinar la densidad.

La densidad calculada a través del peso en báscula, no debe ser inferior al 95 % de la nominal de la partida.

##### d) Inflamabilidad

De cada partida se tomará una muestra a los efectos de verificar el cumplimiento de la calidad F de la materia prima.

En el caso en el que las planchas de EPS se recepcionen ya cortadas con el espesor y la sección ondulada requerida, el control de recepción consiste en la verificación de la correspondencia entre el pedido y las placas recibidas.

#### 5.1.2 Aceros

Los aceros se controlarán según los criterios establecidos en el Código Estructural, para el control a nivel normal.

Los aceros deberán cumplir con las normas UNE 36099:1996<sup>(13)</sup>, UNE-EN ISO 16120-2:2017<sup>(14)</sup> y UNE-EN 10244-2:2010<sup>(15)</sup> y certificados por sello o marca de calidad. El control de las características del acero se efectúa según el reporte del proveedor certificado que acompaña en cada entrega de materiales. El plan de autocontrol reflejado en el Manual de calidad de la planta industrial comprende el siguiente procedimiento: el Jefe de Planta de BAUPANEL efectúa un control de la presencia del certificado de origen y de la conformidad de los requisitos de calidad solicitados.

El acero deberá ser suministrado por un proveedor certificado, y es controlado desde los siguientes aspectos:

##### a) Visual

Sobre el 100 % del material recibido en Planta se efectúa un control visual que implica:

- Correspondencia de Orden de compra con documento de Transporte.
- Etiquetado.
- Marcado.
- Terminación.
- Certificado de soldabilidad.
- Características mecánicas.

<sup>(13)</sup> UNE 36099:1996. Alambres corrugados de acero para armaduras de hormigón armado.

<sup>(14)</sup> UNE-EN ISO 16120-2:2017. Alambres de acero no aleado para la fabricación de alambre. Parte 2: Requisitos específicos del alambre de uso general. (ISO 16120-2:2017).

<sup>(15)</sup> UNE-EN 10244-2:2010. Alambre de acero y productos de alambre. Recubrimientos metálicos no ferrosos sobre alambre de acero. Parte 2: Recubrimientos de cinc o de aleaciones de cinc.



b) *Dimensional*

Se controla 1 bobina de acero cada 5 recibidas, verificándose el diámetro con calibre, y el peso de bobina con balanza Clase I.

5.2 **Proceso de fabricación**

5.2.1 *Corte de los bloques de poliestireno expandido*

Este proceso se realiza en un pantógrafo, controlado por microprocesador, que combina el movimiento de translación horizontal del bloque con el movimiento vertical de un conjunto de alambres separados según el espesor del panel que se desea fabricar. El control de calidad consiste en:

- la comprobación del estado de los alambres de corte;
- la correcta separación de los mismos de acuerdo al parte de producción;
- la comprobación de los espesores seleccionados mediante cinta métrica una vez realizados los cortes;
- la verificación visual de los cortes ondulados en el interior del núcleo del bloque de EPS.

5.2.2 *Producción del mallazo de acero básico*

La conformación de mallazos se realiza de forma mecanizada en un equipo automático controlado por microprocesador. El principal control tiene que ver con la soldadura de las barras los alambres longitudinales y transversales; este control en los nudos se realiza de acuerdo a la norma UNE-EN 10080:2006<sup>(16)</sup> para lo que se realiza:

- Control visual de nudos despegados.
- Ensayos de tracción: diariamente, tanto al comenzar como al terminar la producción, se toman muestras de nudos de la malla de acero para efectuar el ensayo de tracción de nudo soldado. Tales pruebas son realizadas internamente en Planta de producción sobre todos los tipos de malla de acero que se producen y según la norma UNE-EN ISO 15630-2:2019<sup>(17)</sup> (Determinación del cortante en la soldadura). El registro de los resultados se efectúa en un acta interna del ensayo.

5.2.3 *Panel terminado*

Sobre el panel terminado se efectúan los siguientes controles sobre una mesa de inspección:

a) *Dimensional.*

Se verifica con cinta métrica las dimensiones de los paneles producidos con una tolerancia dimensional igual a L/500.

b) *Visual*

Se verifica la integridad del conjunto comprobando que no ha habido pérdida de material EPS por arrancamiento durante el mecanizado o combustión durante la soldadura.

c) *Soldaduras*

Se realiza una inspección visual de las soldaduras de conectores a los fines de verificar el correcto soldado de los conectores, soldándose manualmente con soldadura de puntos aquellos conectores que no se hubieran soldado correctamente en la máquina automática.

Del 0,5 % de los paneles fabricados, se toma una muestra de malla de acero para efectuar pruebas a las soldaduras, tanto en los nudos del mallazo como en la unión mallazo-conector. Tales pruebas son realizadas según la norma UNE-EN ISO 15630-2:2019<sup>(17)</sup> (Determinación del cortante en la soldadura y ensayo de doblado en intersección soldada).

Estos controles de fabricación quedan recogidos en los correspondientes registros de producción de mallas y paneles, así como en los informes de ensayo de despegue de nudos.

5.3 **Control de calidad en obra**

El fabricante aportará un Plan de Control de Obra, en cumplimiento del Código Estructural, que deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa. La Dirección Facultativa fijará los ensayos a realizar al micro-hormigón.

Este Plan de Control incluirá un control de recepción de materiales.

5.3.1 *Hormigones*

Para la fabricación del micro-hormigón existe un control de calidad en la recepción de los materiales que se suministran que asegure que se cumplen los requisitos de sus componentes recogidos en UNE-EN 14487-1:2023<sup>(18)</sup> y los recogidos en el Código Estructural.

- Los áridos cumplirán las prescripciones fijadas en el Código Estructural y contarán con Declaración de Prestaciones (marcado CE) según lo especificado en la norma UNE-EN 12620:2003+A1:2009<sup>(19)</sup>.
- Los cementos seguirán la «Instrucción para la Recepción de Cementos» (RC) en vigor, y contarán con Declaración de Prestaciones (marcado CE) según lo especificado en la norma UNE-EN 197-1:2011<sup>(20)</sup>.
- El agua de amasado deberá cumplir las prescripciones fijadas en el Código Estructural.

<sup>(16)</sup> UNE-EN 10080:2006. Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.

<sup>(17)</sup> UNE-EN ISO 15630-2:2019. Aceros para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 2: Mallas electrosoldadas y armaduras básicas. (ISO 15630-2:2010).

<sup>(18)</sup> UNE-EN 14487-1:2023. Hormigón proyectado. Parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad.

<sup>(19)</sup> UNE-EN 12620:2003+A1:2009. Áridos para hormigón.

<sup>(20)</sup> UNE-EN 197-1:2011. Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.



- Los aditivos dispondrán de Declaración de Prestaciones (marcado CE), se encontrarán en proporción no superior al 5 % en peso de cemento y cumplirán con lo especificado en la norma UNE-EN 934-2:2010+A1:2012<sup>(21)</sup>.
- Las adiciones deben cumplir, además de lo marcado en el Código Estructural, los requisitos especificados en la norma UNE-EN 206:2013+A2:2021/1M:2022<sup>(22)</sup>.

Cuando el micro-hormigón o en su caso el mortero industrial sea suministrado desde una planta que esté en posesión de Sello de Calidad oficialmente reconocido, no será necesario realizar el control de recepción en obra de sus componentes.

Los micro-hormigones, tanto los realizados en obra como los suministrados a obra desde una central de hormigón preparado que deberá estar en posesión de un sello o marca de calidad, se controlarán según los criterios del Código Estructural para el control estadístico, en el número y cantidad que haya fijado la Dirección Facultativa, debiendo ser realizados los ensayos por un laboratorio externo acreditado.

En caso de utilización de morteros industriales, se aplicará lo establecido por la norma UNE-EN 1015-2:1999/A1:2007<sup>(23)</sup> para la toma de muestra total y preparación para ensayo.

### 5.3.2 Aceros

Las barras de acero corrugadas a colocar en obra se controlarán según los criterios establecidos en el Código Estructural-para el control a nivel normal.

- Los aceros cumplirán la norma UNE 36068:2011<sup>(24)</sup> y estarán certificados por un sello o marca de calidad.
- Los mallazos cumplirán la norma UNE 36092:2014<sup>(25)</sup> y deberán estar certificados por un sello o marca de calidad.

En la recepción del acero se solicitarán los correspondientes certificados y se realizarán los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

#### a) Partida

Material suministrado a obra de una sola vez, de la misma designación y procedencia.

#### b) Lote

Extensión del lote: 20 toneladas

En cada lote se realizarán los siguientes ensayos:

- Dos comprobaciones de sección equivalente.

<sup>(21)</sup> UNE-EN 934-2:2010+A1:2012. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado

<sup>(22)</sup> UNE-EN 206:2013+A2:2021/1M:2022. Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad. Complemento nacional a la UNE-EN 206:2013+A2:2021.

<sup>(23)</sup> Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 2: Toma de muestra total de morteros y preparación de los morteros para ensayo.

- Dos comparaciones de características geométricas para verificar que se encuentran dentro de los límites establecidos en el certificado de adherencias o cumplen el correspondiente índice de corruga.
- Dos comprobaciones de doblado-desdoblado.
- Para cada uno de los diámetros empleados, comprobación de: tipo de acero, fabricante, límite elástico y carga de rotura y su relación, alargamiento de rotura y alargamiento bajo carga mínima.

## 6. ETIQUETADO, EMBALAJE, TRANSPORTE, RECEPCIÓN EN OBRA, ACOPIO Y MANIPULACIÓN

Los paneles producidos por BAUPANEL se rotulan en el lateral de la placa de EPS con el siguiente código:

- Código de la obra.
- Tipología de panel y espesor de EPS.
- Longitud del panel en metros.
- Planta de instalación (si procede).

Además, se hará un etiquetado por pila de paneles que incluya:

- Marca comercial e identificación del fabricante.
- Marcado CE.
- Logotipo y número del DIT.
- Código de identificación de los paneles: lote, fecha de fabricación, etc., ...
- Identificación de la obra de destino: proyecto, albarán, fecha de salida, ...

El acopio de paneles se realizará en pilas en horizontal, sobre tirantes de madera o EPS apoyados directamente sobre el terreno natural. Los tirantes o tablas de madera o EPS serán, como mínimo dos por cada pila y estarán separados un máximo de 2 metros entre sí. La altura de cada pila no será superior a 4 metros.

Se deberán proteger del viento, ya que debido a su peso ligero pueden volar e impactar con cualquier objeto de los alrededores.

No se mantendrán las piezas expuestas de forma prolongada a la acción solar.

El transporte de los paneles se hará en pilas horizontales apoyadas sobre tirantes distanciados un máximo de 2 m. La altura de cada pila podrá ser como máximo de 4 m.

La manipulación para carga y descarga podrá hacerse por medio de auto elevadores con dos

<sup>(24)</sup> UNE 36068:2011. Barras corrugadas de acero soldable para uso estructural en armaduras de hormigón armado.

<sup>(25)</sup> UNE 36092:2014. Mallas electrosoldadas de acero para uso estructural en armaduras de hormigón armado. Mallas electrosoldadas fabricadas con alambres de acero B 500 T.



uñas de enganche o mediante grúas u otros dispositivos de izado con dos puntos de sujeción hasta longitudes de 6 m. Para longitudes mayores de 6 y hasta 8 m se manipularán con tres puntos de enganche.

## 7. PUESTA EN OBRA

### 7.1 Replanteo y colocación de esperas

Los paneles se colocan apoyándolos simplemente sobre una cimentación continua tal como una viga de cimentación o una solera de hormigón en masa u hormigón armado según cálculo convencional, dimensionada en función de la resistencia admisible del terreno.

Esta cimentación presentará una armadura de espera estructural, consistente en barras de acero corrugadas de diámetro 6 mm, en número que surja del cálculo estructural correspondiente de cada obra, con disposición en trespelillo, es decir, alternándose en las caras del panel. La distancia entre las filas de esas barras será igual a la distancia entre los mallazos, es decir, el espesor del núcleo de poliestireno expandido más 25 mm. Estas barras serán rectas y deberán empotrarse en la cimentación según marque el Código Estructural, no menos de 20 cm; deberán sobresalir del plano superior de la cimentación en una longitud mínima de 35 cm. Se vincularán a las mallas del panel mediante simple atadura (ver Figura 4).

Las esperas también podrán colocarse perforando el hormigón de la solera con taladro rotoperforador y fijando las barras al hormigón con un adhesivo epoxi, cuando el cálculo estructural así lo requiera.

### 7.2 Colocación de paneles

La sucesión de paneles vinculados entre sí materializa todos los planos de cerramiento de la construcción: paredes exteriores, muros interiores, losas de entrepiso o forjados y cubiertas (ver Figura 5 a Figura 9).

Los paneles, cuando son coplanares, se unen entre sí a través del solape de 50 mm que presentan sus mallas en caras opuestas; estos solapes serán vinculados por medio de simples ataduras de alambre con una separación de aproximadamente 50 cm. Alternativamente, los paneles podrán ser unidos entre sí mediante grapados con grapadoras manuales o automáticas.

Las aristas horizontales y verticales del encuentro entre paneles deberán ser reforzadas mediante mallas angulares (MA) dispuestas a lo largo de las mismas y en cada una de sus caras (ver Figura 5 a Figura 9).

Mediante el corte del panel, se abren los vanos correspondientes a las aberturas, con la holgura mínima necesaria para evitar puentes térmicos (aproximadamente 10 a 20 mm) para la colocación

de los marcos, cuyas grapas de fijación se atan a las mallas.

Las aberturas internas o aleros pueden reforzarse mediante mallas en forma de U, de anchura correspondiente a la del paramento, recercando los bordes de todo el hueco.

Asimismo, se reforzarán con este tipo de malla todos los bordes libres de paramentos, como por ejemplo voladizos (ver Figura 9).

Las aberturas deberán tener refuerzos a 45° en los vértices de las mismas y como armadura longitudinal la obtenida mediante cálculo.

Estos refuerzos podrán realizarse con mallas especiales (tipo MU) que se suministran conjuntamente con los paneles, para estos fines (ver Figura 10 a Figura 13).

Cuando deban unirse paneles que se hayan cortado y que, por lo tanto, no posean los solapes de malla de caras opuestas, se emplearán para estas uniones unas mallas especiales (tipo MP) que permitirán un empalme por yuxtaposición. Estas mismas mallas especiales serán empleadas toda vez que por diferentes razones de obra, deban cortarse las mallas predispuestas de los paneles.

La unión entre muros y forjados se resuelve según lo indicado en el punto 2.2.4 y las Figuras 8 y 9 del presente Informe Técnico, cuidando de dar continuidad vertical a los espesores de micro-hormigón proyectado aplicados en las caras de apoyo.

Se reforzarán los bordes perimetrales del forjado mediante un zuncho de hormigón, armado según indique el cálculo.

Debe asegurarse que los planos de cerramientos sean correctamente alineados y aplomados. Ello podrá ser realizado mediante el empleo de tirantes, reglas metálicas, puntales telescópicos o cualquier otro elemento adecuado a ese fin.

Seguidamente, se podrán ejecutar las canalizaciones en el poliestireno expandido mediante depresiones hachas con una pistola de aire caliente, en ellas se alojarán los conductos correspondientes.

### 7.3 Vertido o proyección del micro-hormigón

Una vez realizadas las operaciones descritas, se procede a la puesta en obra del micro-hormigón, para lo que se tendrá en cuenta el Código Estructural y lo establecido en UNE-EN 14487-2:2008<sup>(26)</sup>.

La aplicación del micro-hormigón puede realizarse con dispositivos de proyección neumática tipo *hopper-gun* conectados a un compresor de aire de potencia adecuada o con máquinas de proyección continua del tipo *Turbosol Mini Avant* o similar.

<sup>(26)</sup> UNE-EN 14487-2:2008. Hormigón proyectado. Parte 2: Ejecución.



Las gunitadoras tipo *Hopper-gun* tienen como vehículo para la impulsión de la mezcla fresca, una circulación de aire comprimido abastecida por un compresor que deberá operar a una presión de aire constante de 500 a 600 kPa.

Este compresor debe aportar entre 300 y 350 litros de aire por minuto por cada uno de los dispositivos que se empleen conectados a él.

En el caso de utilizarse electro-compresores, las potencias recomendadas a continuación:

**Tabla 2.** Potencias recomendadas para electro-compresores

Potencia motor (HP)	Caudal de aire (Litros/min.)	Cantidad de gunitadoras
2 ½ a 4	350 a 400	1
5 a 6	600 a 700	2 a 3
8 a 10	900 a 1000	3 a 4

En el caso de emplearse máquinas de proyección continua deberá ajustarse la posición del hidrómetro en función de:

- 1) Tipo de camisa de bombeo.
- 2) Caudal de la misma.
- 3) Velocidad de giro del motor.
- 4) Peso aparente del mortero industrial.
- 5) Porcentaje de agua recomendado por el fabricante del mortero seco.

La aplicación del micro-hormigón convierte todos los cerramientos y forjados conformados por paneles, así como a sus uniones en elementos continuos y monolíticos.

La operación de proyección neumática del micro-hormigón se podrá realizar en una o dos pasadas. La primera de 2 cm de espesor, que cubre la malla de acero, y la segunda de terminación hasta alcanzar el espesor final necesario de, como mínimo, 3 cm.

El enlucido será a elección del proyectista con materiales convencionales (enlucido y pintura sobre superficies maestreadas, yeso, salpicado plástico, pintura elastomérica, etc.).

Para la realización de los planos horizontales o inclinados se debe disponer un encofrado de sopandas y puntales empleándose cualquiera de los siguientes procedimientos:

**Procedimiento 1:** Se colocan los paneles de forjado (BSF/BSFR) sobre el apuntalamiento uniéndolos entre sí por medio del solape de 50 mm que presentan sus mallas. Esta unión se materializa por medio de ataduras de alambre o grapadoras automáticas o manuales. Durante este proceso deben colocarse los refuerzos y esperas de las plantas superiores según se describe en las Figuras 8 y 9.

El proyectado de micro-hormigón se realiza en tres fases. En primer lugar, se hormigona la cara inferior en un espesor de 0,5 cm de tal forma que no cubra por completo las armaduras de acero inferiores.

A continuación, se procede al hormigonado de la capa de compresión de 5 cm. La disposición de sopandas y puntales debe ser tal que evite una excesiva deformación de los paneles ante el peso del micro-hormigón fresco.

Tras esperar a que el micro-hormigón haya alcanzado la resistencia estimada, se coloca un nuevo sistema de sopandas y puntales y se retira el primer encofrado, de este modo los huecos dejados tras la primera proyección de micro-hormigón quedan a la vista. Se procede a hormigonar de nuevo la capa inferior hasta cubrir el espesor mínimo inferior, cubriendo además los huecos dejados por el primer sistema de sopandas. Pasados dos días, se retira el encofrado y se rellenan los huecos dejados por las sopandas en el micro-hormigón de la cara inferior del forjado.

**Procedimiento 2:** Se realiza un encofrado horizontal o inclinado con tableros fenólicos sobre el que se irá aplicando una capa de micro-hormigón fluido e inmediatamente el panel apoyado en unos dados separadores que mantengan el espesor de 3 cm de recubrimiento mínimo inferior; la cara inferior del panel se irá sumergiendo en la masa vertida. La tarea se continúa hasta completar toda la superficie de forjado. Deberá asegurarse la correcta compactación de la capa inferior.

Una vez terminada ésta tarea, se procederá al vertido de la capa de compresión de 5 cm de espesor.

Los períodos de desencofrado y descimbrado se realizarán siguiendo el Código Estructural y lo dispuesto por la Dirección Facultativa.

#### 7.4 Comprobaciones finales

El error de aplomado de cara (transversal) de un panel no debe ser superior a 8 mm, sobre la generatriz media<sup>27</sup>.

El error de posición (descentramiento) entre las caras colindantes de los paneles superpuestos debe ser inferior a 15 mm.

Se considera como error de ejecución de carácter excepcional, cualquiera de los errores de aplomo y posición que no esté dentro de las tolerancias anteriores. Si tales defectos se presentan durante la ejecución, deberán repetirse los cálculos para la justificación de funcionamiento de los elementos afectados.

## 8. MEMORIA DE CÁLCULO

Los edificios construidos con el Sistema Constructivo BAUPANEL se conciben como estructuras formadas por grandes elementos verticales y horizontales, que se constituyen al

<sup>(27)</sup> Manual de montaje marzo 2023.



agruparse los paneles preindustrializados una vez hormigonados en obra.

Estos grandes elementos verticales y horizontales trabajan como secciones compuestas debido a la vinculación que les proporcionan los 41 conectores de acero de 3 mm de diámetro por cada metro cuadrado de superficie de panel, de manera tal que las dos capas de micro-hormigón proyectadas trabajan de manera solidaria como sección compuesta.

Una de las opciones para la modelización de los paneles es utilizar elementos "Shell" definidos por capas. Los materiales que componen cada capa deben corresponder a aquellos materiales que forman el panel: micro-hormigón, acero y EPS. En el caso de cálculo lineal, debe de omitirse el acero y los materiales restantes quedarán definidos únicamente por su módulo de elasticidad; mientras que, en el caso de cálculo no lineal [para comprobación de sismo], cada material debe ser definido por su ley constitutiva. Para el primer caso, deberá de comprobarse que, para las cargas aplicadas, los elementos se encuentran dentro de su zona de comportamiento elástico (ver punto 10.1.3) y, para el último caso, deberá comprobarse que los modelos de los paneles reproducen los resultados de los ensayos mostrados en el punto 10.1.3.

En el modelo, la unión entre cada uno de los elementos –incluso con la cimentación– debe ser articulada de forma tal que la propia unión no aporte rigidez al sistema.

El análisis de solicitaciones de la estructura se realizará utilizando las acciones definidas en el Documento Básico «Seguridad estructural. Acciones en la edificación» del CTE (DB-SE-AE) según corresponda y se dimensionarán las secciones con los resultados obtenidos según el Código Estructural.

### 8.1 Elementos verticales

Para dar estabilidad a los edificios es necesario que se dispongan paneles verticales BSR en dos direcciones de forma tal que, además de recibir la carga de los forjados, proporcionen la estabilidad transversal del mismo, en dos direcciones, junto con los posibles arriostramientos necesarios en cada planta y, estudiando en cada caso, la transmisión de las cargas horizontales a través del forjado o de los posibles arriostramientos.

### 8.2 Elementos horizontales

Los paneles horizontales BSF presentan una armadura de 14Ø2,5 +6Ø5 en cada cara. Además, se incrementarán las barras corrugadas cuando los esfuerzos determinen la necesidad de incrementar la capacidad mecánica de la sección.

En cuanto a los forjados bidireccionales, el criterio de adición de barras perpendiculares vendrá determinado por el cálculo, no disponiéndose armadura extra en el bloque de compresiones.

Las solicitaciones podrán calcularse con cualquiera de los métodos de cálculo de forjados de hormigón armado convencional.

## 9. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

El fabricante suministra, como referencia, la siguiente lista de obras:

**Tabla 3** Referencias de utilización

Obra	Alturas	Año
Villa unifamiliar en Sintra (Portugal)	3	2020
Villa Unifamiliar en Colares (Portugal)	3	2019
Vivienda unifamiliar en Faro de Ajo, Cantabria	2	2019
Vivienda unifamiliar en Cantabria	3	2019
Vivienda unifamiliar aislada. Mijas (Málaga). 410 m <sup>2</sup>	2	2015
Vivienda unifamiliar aislada. Torreldones (Madrid)	2	2015
Hotel en Villaviciosa de Córdoba (Córdoba). 1.000 m <sup>2</sup>	3	2014
Edificio Universitario en Granada (CETIC). 4.000 m <sup>2</sup>	4	2014
Villa en Montelavar (Portugal). 200 m <sup>2</sup>	Sótano + 2	2013

El IETcc ha realizado visitas a algunas de estas obras, así como encuestas a los usuarios, todo ello con resultado satisfactorio.

## 10. ENSAYOS

Los ensayos se realizaron en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc). Los resultados quedan reflejados en los informes 20 602-I, 21 429-I, 21 429-II, 21 429-III, cuya custodia recae en el IETcc.

### 10.1 Características mecánicas del panel hormigonado

Las características de los materiales, armadura, disposición y número de las mismas en los paneles ensayados, corresponden a lo definido en la sección 2.1 de este Informe.

#### 10.1.1 Comportamiento a flexotracción

##### a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento mecánico de los paneles BSF sometidos a una serie de cargas verticales que producen esfuerzos de flexotracción.

##### b) Disposición de los ensayos

Se ensayaron los paneles BSF-100, BSF-160 y BSF-200 con una capa de compresión superior de 5 cm y capa inferior de 3 cm, de 3 m de longitud y 0,91 y 1,13 m de anchura (según informe 20 602-I y 21 429-II), con una luz entre apoyos de 2,9 m.

Se ensayaron los paneles para 3 distribuciones de cargas, aplicando las cargas con un único actuador y distribuyéndolas mediante vigas, como sigue:



- i. 1 Carga a L/2 (flex1)
- ii. 2 Cargas a L/3 (flex2)
- iii. 4 Cargas separadas a 0,1L + 0,3L + 0,2L + 0,3L + 0.1L (flex4)

La información sobre la instrumentación y máquinas de ensayo utilizadas queda reflejada en los expedientes de ensayos 20 602-I y 21 429-II.

c) Resultados obtenidos

Los resultados de los ensayos se muestran en la Tabla 4 para el informe 20 602-I y Tabla 5 para el informe 21 429-II:

**Tabla 4.** Resultados ensayos a flexión (20 602-I)

BSF	100	160	160	200bis
	flex4	flex1	flex2	flex2
L/500				
El/b (kNm)	210	650	640	560
P (kN)	3,5	6,8	7,8	6,8
M (kNm/m)	1,4	5,4	4,1	3,6
L/400				
El/b (kNm)	210	630	620	510
P (kN)	4,4	8,2	9,5	7,7
M (kNm/m)	1,8	6,5	5,0	4,1
L/300				
El/b (kNm)	210	590	600	510
P (kN)	5,9	10,3	12,2	10,3
M (kNm/m)	2,3	8,2	6,5	5,5
Rotura				
P (kN)	19,9	20,4	23,4	21,4
M (kNm/m)	7,9	16,2	12,4	11,4
Flecha bajo carga máxima (mm)	101,0	24,5	62,5	23,5
Fallo	Flexión	Flexión	Flexión	Cortante

Nota: E: módulo de deformación; I: Inercia; b: anchura; P: carga aplicada con el actuador; y M: momento flector distribuido.

**Tabla 5.** Resultados ensayos a flexión (21 429-II)

BSF	100	160	200	200
Cargas	flex2	flex4	flex1	flex2
L/500				
El/b (kNm)	614	430	1210	770
P (kN)	5,2	8,9	15,5	11,6
M (kNm/m)	2,3	2,9	10,0	5,0
L/400				
El/b (kNm)	515	390	1030	740
P (kN)	9,8	10,2	16,6	13,9
M (kNm/m)	2,9	3,3	10,7	6,0
L/250				
El/b (kNm)	480	340	860	662
P (kN)	14,4	14,2	22,2	20,0
M (kNm/m)	6,2	4,6	14,3	8,6
Rotura				
P (kN)	35,1	31,4	42,9	47,6
M (kNm/m)	15,1	10,1	27,6	20,4
Flecha bajo carga máxima (mm)	41,5	34,7	40,5	40,7
Fallo	Flexión	Flexión	Flexión	Flexión

Nota: E: módulo de deformación; I: Inercia; b: anchura; P: carga aplicada con el actuador; y M: momento flector distribuido.

Del estudio de las curvas cargas-deformación, se deduce que las secciones de los paneles trabajan como una sección compuesta formada por dos láminas de 5 cm y 3 cm de espesor unidas por las armaduras de unión trabajando solidariamente.

10.1.2 Comportamiento a compresión

Ensayo 1

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento frente a compresión centrada de los paneles BSR sometidos a las cargas verticales.

b) Disposición del ensayo

Se ensayaron dos paneles BSR-80, de 1,0 m de altura, 1,125 m de anchura, y con un espesor de micro-hormigón de 3,5 cm a cada lado del panel.

La disposición de los ensayos queda reflejada en el expediente de ensayos 21 429-III.

c) Resultados obtenidos

**Tabla 6.** Resultados ensayos a compresión centrada (21 429-III)

BSR	80 CEN-1	80 CEN-2
Rotura		
F (kN/m)	1104	1071
Fallo	Hormigón por compresión	Hormigón por compresión

Nota: F: Fuerza distribuida aplicada.

Ensayo 2

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento frente a compresión diagonal de los paneles BSR sometidos a las cargas verticales.

b) Disposición del ensayo

Se ensayaron dos paneles BSR-80, de 1,0 m de altura, 1,125 m de anchura, y con un espesor de micro-hormigón de 3,5 cm a cada lado del panel.

La disposición de los ensayos queda reflejada en el expediente de ensayos 21 429-III.

c) Resultados obtenidos

**Tabla 7.** Resultados ensayos a compresión diagonal (21 429-III)

BSR	80 DIAG-1	80 DIAG-2
Rotura		
F (kN)	270	286
Fallo	Hormigón por compresión	Hormigón por compresión

Nota: F: Fuerza puntual aplicada.



**Ensayo 3**

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento a rasante entre láminas de los paneles BSR sometidos a carga horizontal en una lámina y apoyado en la otra lámina.

b) Disposición del ensayo

Se ensayaron dos paneles BSR-80, de 1,0 m de altura, 1,125 m de anchura, y con un espesor de micro-hormigón de 3,5 cm a cada lado del panel.

La disposición de los ensayos queda reflejada en el expediente de ensayos 21 429-III.

c) Resultados obtenidos

**Tabla 8.** Resultados ensayos a rasante entre láminas (21 429-III)

BSR	80 LAM-1	80 LAM-2
Rotura		
F (kN/m)	76	67
Fallo	Rasante	Rasante

Nota: F: Fuerza distribuida aplicada.

**Ensayo 4**

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento frente a pandeo de los paneles BSR sometidos a las cargas verticales.

b) Disposición del ensayo

Se ensayaron los paneles BSR-40 y BSR-300, de 2,70 m de altura, 1,125 m de anchura, y con un espesor de micro-hormigón de 3,5 cm a cada lado del panel.

La disposición de los ensayos queda reflejada en el expediente de ensayos 20 602-I.

c) Resultados obtenidos

**Tabla 9.** Resultados ensayos a compresión centrada (20 602-I)

BSR	40-1	40-2	300-1	300-2
Rotura				
F (kN/m)	664	771	644	623
$\epsilon$ ( $\mu\text{m/m}$ )	820	822	575	625
Fallo	Pandeo	Pandeo	Pandeo	Pandeo

Nota: F: Fuerza distribuida aplicada; y  $\epsilon$ : Deformación.

**Ensayo 5**

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento frente a pandeo de los paneles sometido a cargas verticales excéntricas.

b) Disposición del ensayo

Se ensayó el panel BSR-300, de 2,70 m de altura, 1,125 m de anchura, y con un espesor de micro-hormigón de 3,5 cm a cada lado del panel.

La disposición del ensayo queda reflejada en el expediente de ensayos 21 429-I.

c) Resultados obtenidos

**Tabla 10.** Resultados ensayos a compresión excéntrica (21 429-II)

BSR	300 exc-1	300 exc-1
Rotura		
F (kN/m)	227	517
Fallo	En cabeza	Pandeo

Nota: F: Fuerza distribuida aplicada.

10.1.3 *Comportamiento a cargas sísmicas*

**Ensayo 1**

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento a sismo de los paneles BSR 80 SIS Tipo 1 sometidos a cargas constantes verticales y variables horizontales en cabeza.

b) Disposición del ensayo

Se ensayaron dos paneles BSR-80, de 3,38 x 3,38 m sin aperturas (Tipo 1) y con cargas verticales en cabeza de 30 kN/m y 120 kN/m, respectivamente

La disposición de los ensayos queda reflejada en el expediente de ensayos 21 429-III.

c) Resultados obtenidos

**Tabla 11.** Resultados sismo Tipo 1 (21 429-III)

BSR	80 SIS-1a	80 SIS-1b
F <sub>v</sub> (kN/m)	30	120
F <sub>H</sub> (kN)	145	282
d <sub>e</sub> (mm)	1,5	6,9
K <sub>ini</sub> (kN/mm)	173	48
d <sub>u</sub> (mm)	5	10
$\mu = d_u/d_e$	3,3	1,4

Nota: F<sub>v</sub>: Fuerza vertical constante; F<sub>H</sub>: Fuerza horizontal máxima; K<sub>ini</sub>: Rigidez inicial; d<sub>e</sub>: Desplazamiento hasta inicio de plastificación; d<sub>u</sub>: Desplazamiento máximo; y  $\mu$ : Ductilidad.

**Ensayo 2**

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento a sismo de los paneles BSR 80 SIS Tipo 2 sometidos a cargas constantes verticales y variables horizontales en cabeza.

b) Disposición del ensayo

Se ensayaron dos paneles BSR-80, de 4,50 x 3,38 m sin aperturas (Tipo 2) y con cargas verticales en cabeza de 22 kN/m y 89 kN/m, respectivamente

La disposición de los ensayos queda reflejada en el expediente de ensayos 21 429-III.



c) Resultados obtenidos

**Tabla 12.** Resultados sismo Tipo 2 (21 429-III)

BSR	80 SIS-2a	80 SIS-2b
F <sub>v</sub> (kN/m)	22	89
F <sub>H</sub> (kN)	303	300
d <sub>e</sub> (mm)	5	3,5
K <sub>ini</sub> (kN/mm)	170	125
d <sub>u</sub> (mm)	14	5
μ=d <sub>u</sub> /d <sub>e</sub>	2,8	1,4

Nota: F<sub>v</sub>: Fuerza vertical constante; F<sub>H</sub>: Fuerza horizontal máxima; K<sub>ini</sub>: Rigidez Inicial; d<sub>e</sub>: Desplazamiento hasta inicio de plastificación; d<sub>u</sub>: Desplazamiento máximo; y μ: Ductilidad.

**Ensayo 3**

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento a sismo de los paneles BSR 80 SIS Tipo 3 sometidos a cargas constantes verticales y variables horizontales en cabeza.

b) Disposición del ensayo

Se ensayaron dos paneles BSR-80, de 3,38 x 3,38 m con ventana en el centro de 1 x 1 m (Tipo 3) y con cargas verticales en cabeza de 30 kN/m y 60 kN/m, respectivamente

La disposición de los ensayos queda reflejada en el expediente de ensayos 21 429-III.

c) Resultados obtenidos

**Tabla 13.** Resultados sismo Tipo 3 (21 429-III)

BSR	80 SIS-3a	80 SIS-3b
F <sub>v</sub> (kN/m)	30	60
F <sub>H</sub> (kN)	173	150
d <sub>e</sub> (mm)	3,8	4,2
K <sub>ini</sub> (kN/mm)	67	54
d <sub>u</sub> (mm)	12,9	11
μ=d <sub>u</sub> /d <sub>e</sub>	3,4	2,6

Nota: F<sub>v</sub>: Fuerza vertical constante; F<sub>H</sub>: Fuerza horizontal máxima; K<sub>ini</sub>: Rigidez inicial; d<sub>e</sub>: Desplazamiento hasta inicio de plastificación; d<sub>u</sub>: Desplazamiento máximo; y μ: Ductilidad.

**Ensayo 4**

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento a sismo de los paneles BSR 80 SIS Tipo 4 sometidos a cargas constantes verticales y variables horizontales en cabeza.

b) Disposición del ensayo

Se ensayaron dos paneles BSR-80, de 3,38 x 3,38 m con una puerta en el centro de 0,85 x 2 m (Tipo 4) y con cargas verticales en cabeza de 44 kN/m y 120 kN/m, respectivamente

La disposición de los ensayos queda reflejada en el expediente de ensayos 21 429-III.

<sup>(28)</sup> UNE-EN 1365-1:2016. Resistencia al fuego de elementos portantes. Parte 1: Paredes.

c) Resultados obtenidos

**Tabla 14.** Resultados sismo Tipo 4 (21 429-III)

BSR	80 SIS-4a	80 SIS-4b
F <sub>v</sub> (kN/m)	44	120
F <sub>H</sub> (kN)	135	259
d <sub>e</sub> (mm)	2,8	4
K <sub>ini</sub> (kN/mm)	72	125
d <sub>u</sub> (mm)	17	13
μ=d <sub>u</sub> /d <sub>e</sub>	6	3,3

Nota: F<sub>v</sub>: Fuerza vertical constante; F<sub>H</sub>: Fuerza horizontal máxima; K<sub>ini</sub>: Rigidez inicial; d<sub>e</sub>: Desplazamiento hasta inicio de plastificación; d<sub>u</sub>: Desplazamiento máximo; y μ: Ductilidad.

**10.3 Comportamiento al fuego**

Ensayos efectuados por AFITI sobre:

Para la evaluación de la resistencia a fuego de los paneles verticales, se fabricó un muro de dimensiones 3 x 3 m, mediante paneles BSR 80, con espesor total de 182 mm (41 mm microhormigón + 80 mm EPS + 41 mm de microhormigón) suplementado por ambas caras con 10 mm de enlucido de yeso. El muro se macizó en su extremo superior 150 mm y estaba unido a la cimentación mediante barras de acero corrugado Ø 6 mm y 400 mm de longitud en ambas caras, separadas entre sí 150 mm. El ensayo se realizó con una carga vertical de 100 kN.

Este ensayo se recoge en el informe 3725T19 del laboratorio AFITI y se realizó de acuerdo a la norma UNE-EN 1365-1:2016<sup>(28)</sup> con resultado de Capacidad portante 110 min, Integridad 110 min, aislamiento térmico entre 73 y 90 min, lo que se traduce en una Clasificación de la Resistencia al Fuego de REI60 y RE90 (Informe de clasificación n.º 3725T19-2).

Para la evaluación de la resistencia a fuego de los paneles horizontales, se fabricó un muro de dimensiones 4,4 x 4,4 m, mediante paneles BSF 200, con espesor total de 362 mm (10 mm de yeso en capa inferior + 41 mm microhormigón en capa inferior + 200 mm EPS + 61 mm de microhormigón en capa superior + 50 mortero de nivelación). La cara expuesta fue la inferior. El ensayo se realizó con una carga repartida total de 80 kN.

Este ensayo se recoge en el informe 3528T18 del laboratorio AFITI y se realizó de acuerdo a la norma de acuerdo a la norma UNE-EN 1365-2:2016<sup>(29)</sup> con resultado de Capacidad portante 150 min, Integridad 150 min, aislamiento térmico 150 min, lo que se traduce en una Clasificación de la Resistencia al Fuego de REI120 (Informe de clasificación 3528T18-2).

<sup>(29)</sup> UNE-EN 1365-2:2016. Ensayos de resistencia al fuego para elementos portantes. Parte 2: Suelos y cubiertas.



## 11. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

### 11.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

#### 11.1.1 SE - Seguridad estructural

Los muros y forjados construidos con el Sistema BAUPANEL constituyen parte del cerramiento, los forjados y la estructura o parte de la estructura del edificio.

La presente evaluación técnica, con los ensayos realizados, ha permitido comprobar que el comportamiento estructural del Sistema es acorde con las hipótesis de cálculo del fabricante, según se describen en la sección 8 de este Informe.

El proyecto del edificio deberá contar con su correspondiente anejo de cálculo de estructuras, donde se especifiquen los criterios de cálculo adoptados, que deberán ser conformes a lo establecido en el presente Documento y justificar el cumplimiento de los requisitos básicos de resistencia y estabilidad (SE 1) y de aptitud al servicio (SE 2) del CTE.

La estructura y, en particular, los paneles de forjado se han de comprobar, además de por Estado Límite Último, por el estado Límite de Servicio, tal y como indica el Código Estructural.

Se prestará especial atención a la verificación de las deformaciones previstas en la estructura, que deberán ser tales que no comprometan la integridad de los elementos constructivos previstos (en particular cerramientos, particiones y acabados).

Se limitará la carga vertical de los muros de cualquier espesor de EPS al valor mínimo de los ensayos mostrados en la Tabla 10 para evitar posibles fallos por pandeo, en ausencia de estudios más detallados que justifiquen subir dicha limitación.

Para dar estabilidad al edificio es necesario que se dispongan alineaciones de paneles en las dos direcciones para resistir los empujes de viento o sismo, si los hubiere, o bien recurrir a otro sistema de estabilización.

En el caso particular de diseño sismorresistente de edificios formados por paneles BAUPANEL como muros acoplados, se ha comprobado experimentalmente que los muros que soporten cargas verticales mayores a 30 kN/m deben ser diseñados considerando Clase de Ductilidad Baja (DCL), mientras que los muros que soporten cargas verticales inferiores o iguales a 30 kN/m pueden ser diseñados considerando Clase de Ductilidad Media (DCM) según EN 1998-1:2004<sup>(30)</sup> (ver valores de ductilidad en las Tablas 13, 14, 15 y 16). Además, en este último caso, deberá comprobarse que el espesor total de los muros es el valor máximo entre

150 mm y  $h_s/20$  (siendo  $h_s$  la altura entre plantas), para evitar problemas de inestabilidad durante un evento sísmico.

#### 11.1.2 SI - Seguridad en caso de incendio

Debe justificarse el cumplimiento del requisito básico de resistencia al fuego de la estructura (SI 6) en función del tipo de construcción prevista, debiendo establecerse los recubrimientos de armadura que garanticen la estabilidad y resistencia al fuego exigida (DB-SI 6, Anejo C).

El número de plantas sobre rasante estará limitado por la justificación (mediante cálculo o ensayos según UNE-EN 13501-2<sup>(31)</sup>) de la resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales en relación con la altura de evacuación del edificio (SI 6).

Igualmente deberán disponerse los revestimientos necesarios para dar cumplimiento a la resistencia/reacción al fuego de paredes y techos que delimiten sectores de incendio (SI 1) y en relación con la propagación exterior (SI 2).

Se han realizado ensayos de resistencia a fuego del sistema con la configuración y los resultados mostrados en el apartado 10.3.

#### 11.1.3 SUA - Seguridad de utilización y accesibilidad

Se tendrán en cuenta las exigencias básicas de del CTE-DB-SUA, relativo a la Seguridad de Utilización y Accesibilidad; en particular en lo relativo a aplicación de acabados (SUA 1).

#### 11.1.4 HS - Salubridad

El procedimiento de instalación debe garantizar la estanquidad al agua de los paneles y juntas. De acuerdo a la experiencia del IETcc en ensayos con Sistemas similares, el comportamiento es satisfactorio, cuando la ejecución de la proyección de micro-hormigón se realiza correctamente.

En cualquier caso, deberá prestarse especial atención, en el diseño de las fachadas, a la incorporación de las ventanas y de los elementos de iluminación, así como la correcta solución de los puntos singulares, fijaciones exteriores, etc.

La ausencia de condensaciones de cualquier tipo en el interior de los muros formados con estos paneles será una condición de diseño. La comprobación de la limitación de humedades de condensación superficiales e intersticiales debe realizarse según lo establecido en la parte 2 del Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE 1 del Código Técnico de la Edificación (DA/2 DB-HE1, CTE), parte 2, en su epígrafe 4.

Los componentes del sistema, según declara el fabricante del mismo, no contienen ni liberan

<sup>(30)</sup> EN 1998-1:2004: Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.

<sup>(31)</sup> UNE-EN 13501-2. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción

y elementos para la edificación. Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación.



sustancias peligrosas de acuerdo a la legislación nacional y europea.

#### 11.1.5 HR - Protección frente al ruido

El Sistema permite la incorporación posterior de aislamiento acústico, para conseguir el aislamiento entre usuarios.

La solución completa de cerramiento y el resto de los elementos constructivos (particiones interiores, medianerías, forjados y cubierta) debe ser conforme con las exigencias del CTE-DB-HR, relativo a Protección frente al ruido.

#### 11.1.6 HE - Ahorro de energía

El Sistema permite el trasdosado interior o exterior de los paneles, dando lugar a distintas soluciones de cerramiento.

La solución completa de cerramiento debe satisfacer las exigencias del Documento Básico del CTE DB-HE1, relativo a Condiciones para el control de la demanda energética, para la zona climática correspondiente en función de cada tipo de cerramiento.

En la sección 3.1 del Informe Técnico se dan los coeficientes de la transmitancia térmica de cerramientos, particiones y forjados realizados con el Sistema.

### 11.2 Utilización del producto. Puesta en obra y limitaciones de uso

#### 11.2.1 Puesta en obra

La idoneidad de este Sistema depende fundamentalmente de que la puesta en obra sea realizada por empresas cualificadas, reconocidas por el fabricante, con experiencia demostrable en la instalación del Sistema.

Dichas empresas garantizarán que la utilización del Sistema se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente Documento, respetando las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, a partir de la emisión de un certificado de conformidad al final de la obra.

#### 11.2.2 Limitaciones de uso

El presente Documento es válido para aplicaciones del Sistema hasta cuatro alturas; siendo la altura máxima por planta de 4 m, siempre que el cálculo lo admita.

Para edificaciones de mayor altura, ante los posibles problemas de inestabilidad local y pandeo que pudieran producirse, deberá hacerse un análisis local con las diversas opciones de arriostramiento lateral y un análisis global de deformaciones de segundo orden. Igualmente, el nivel de control de ejecución en obra deberá ser adecuado a la solución que se proyecte.

Se prestará especial atención a la limitación de altura impuesta por la resistencia a fuego de la estructura, según lo indicado en 11.1.2.

En cualquier caso, la solución constructiva global adoptada deberá quedar justificada por cálculo recogido en el proyecto técnico a que aluden las condiciones generales de concesión del DIT.

#### 11.2.3 Durabilidad, condiciones de servicio y mantenimiento

Se considera que el Sistema tiene un comportamiento satisfactorio conforme a las exigencias relativas a durabilidad, siempre que la solución concreta de cerramiento se haya diseñado de modo que se garantice la ausencia de condensaciones en el núcleo de los paneles (ver 11.1.4), que el Sistema haya sido instalado conforme a lo descrito en el presente documento y esté sometido a un adecuado uso y mantenimiento, conforme a lo establecido en el CTE y a las instrucciones dadas por el fabricante.

### 11.3 Gestión de residuos

Para los residuos producidos durante los procesos de fabricación y puesta en obra del sistema se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante de los mismos de acuerdo a la normativa vigente para cada producto.

En general, se seguirán las especificaciones del Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición, así como las reglamentaciones autonómicas y locales que sean de aplicación. Para ello, BAUPANEL SYSTEM S.L. se adherirá al Plan de Gestión de Residuos del contratista principal.

### 11.4 Condiciones de seguimiento

El fabricante ha optado por un Sistema 1 de Evaluación y Verificación de Constancia de las Prestaciones para emitir las Declaraciones de Prestaciones y realizar el marcado CE, de acuerdo con el EAD 340002-00-0204<sup>(32)</sup>, para los paneles de alambres de acero con aislamiento térmico incorporado.

Para la concesión y validez del presente DIT plus, el fabricante deberá mantener en vigor el marcado CE del producto y someterse a supervisiones del control de producción mediante ensayos y un mínimo de visitas anuales, a realizar por el IETcc o Laboratorio reconocido por este, equivalentes a un Sistema de Evaluación y Verificación de Constancia de las Prestaciones 1+.

<sup>(32)</sup> EAD 340002-00-0204: Panels of steel wires with incorporated thermal insulation for a whole structure. Ed. February 2016. Decisión 2003/728/EC. Sistema 1.



## 12. CONCLUSIONES

Considerando:

- que en el proceso de fabricación se realiza un control de calidad que comprende un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y producto final;
- que el proceso de puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica;
- los resultados obtenidos en los ensayos y las visitas a obras realizadas;

se estima favorablemente, con las observaciones de la Comisión de Expertos de este DITplus, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

## 13. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS<sup>(33)</sup>

Las principales Observaciones de la Comisión de Expertos<sup>(34)</sup>, fueron las siguientes:

- Para asegurar la viabilidad del Sistema será preciso aportar, en cada caso que se vaya a aplicar, una memoria técnica de cálculo estructural que incluya los análisis de Estados Límite Último y de Servicio. En dicha memoria deberá quedar adecuadamente justificada la correcta respuesta estructural de los distintos elementos y las uniones entre ellos. También se fijarán los coeficientes de seguridad exigibles según la normativa en vigor, las tolerancias aplicables y las soluciones a adoptar en caso de que hubiera juntas de dilatación. Además, se deberá prever la correcta unión de los forjados a los paneles verticales en las dos alineaciones o direcciones, para garantizar la transmisión de los empujes horizontales que se produjeran en el edificio a ambas alineaciones.
- Se identificará, a la entrada en la obra, los paneles según sean BSR o BSN, y almacenarlos en

<sup>(33)</sup> La Comisión de Expertos de acuerdo con el Reglamento de concesión del DIT (O.M. de 23/12/1988), tiene como función, asesorar sobre el plan de ensayos y el procedimiento a seguir para la evaluación técnica propuestos por el IETcc.

Los comentarios y observaciones realizadas por los miembros de la Comisión no suponen en sí mismos aval técnico o recomendación de uso preferente del sistema evaluado.

La responsabilidad de la Comisión de Expertos no alcanza los siguientes aspectos:

- Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- Derechos de comercialización del producto o sistema.
- Obras ejecutadas o en ejecución en las cuales el producto o sistema se haya instalado, utilizado o mantenido, ni tampoco sobre su diseño, métodos de construcción ni capacitación de operarios intervinientes.

<sup>(34)</sup> La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS. Dir. INGENIERÍA.
- Asociación de Empresas de Control de Calidad y Control Técnico Independientes (AECCTI).
- Asociación Española de Normalización (UNE).

lugares claramente identificados para evitar errores durante la puesta en obra.

- El riesgo de condensaciones (conforme al CTE DB-HE) deberá ser evitado por el conjunto del cerramiento.
- Los recubrimientos mínimos de las armaduras se estudiarán y justificarán en cada caso, y, esencialmente, en situaciones ambientales agresivas o cuando sea necesaria una resistencia al fuego determinada. Se considerarán las protecciones complementarias (revestimientos, trasdosados, etc.) que sean necesarias para cumplir la resistencia al fuego necesaria de acuerdo a la normativa vigente.
- Para las solicitaciones horizontales, ténganse en cuenta los incrementos de dichos empujes, por la consideración de la excentricidad adicional de la acción sísmica, poniendo atención a la baja ductilidad de estos tipos de edificios apantallados.
- Será necesario realizar un estudio específico del comportamiento sísmico cuando proceda.
- No es recomendable la aplicación de cargas localizadas sobre los paneles. No es aconsejable que los paneles estén trabajando en ménsula, salvo para pequeños aleros y remates.
- En el caso de que las armaduras de espera de las cimentaciones no correspondan con las capas de micro-hormigón de los paneles, se replantearán nuevas esperas en concordancia con dichas capas.
- Cuando sea necesario incrementar el aislamiento acústico, se aumentará el espesor de la capa de mortero o se recurrirá a trasdosados, hasta alcanzar el valor de aislamiento acústico exigido por la normativa vigente.
- Se recomienda que las instalaciones estén previstas con sistemas ajenos a los paneles de modo que en obra no se retiren partes del núcleo de EPS para este fin. En caso de tener que deprimir el EPS puntualmente en alguna zona

- Asociación para el Fomento de la Investigación y la Tecnología de la Seguridad contra Incendios (AFITI).
- Asociación Nacional de Empresas de Rehabilitación y Reforma (ANEER).
- Consejo General de la Arquitectura Técnica (CGATE).
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- CPV
- DRAGADOS, S.A.
- Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM-UPM).
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM).
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil (UPM).
- FCC Construcción, S.A.
- Instituto Técnico de Instalaciones y Construcción (ITIC, S.L.)
- INTA. Laboratorio de Ingenieros del Ejército «General Marvá» (M.º de Defensa).
- Ministerio de la Vivienda.
- Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).
- QUALIBÉRICA.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

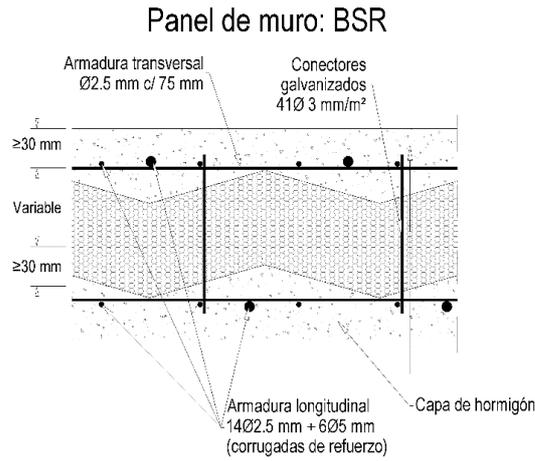


(como está previsto en el punto 7.2), se asegurará que la pérdida de aislante sea la menor posible.

- La colocación de pasatubos en los forjados debe estar prevista y el comportamiento de la sección de forjado afectada estará justificado con anterioridad o será evaluado específicamente.
- Con respecto a la forma de puesta en obra de los forjados desarrollada como Procedimiento 2 en el punto 7.3, será necesario comprobar durante la ejecución y tras desencofrar que la capa inferior está correctamente hormigonada, habiéndose evitado la aparición de coqueas por una compactación inadecuada.
- En el Libro del Edificio deberá quedar claramente definido qué paneles son portantes (BSR) y cuáles son no portantes (BSN). En el Libro del Edificio se deberá indicar, además, que para la modificación de cualquier elemento portante (paneles BSR), incluida la apertura de huecos, se deberá aportar un proyecto que justifique el cálculo estructural de la nueva disposición, así como los detalles constructivos necesarios.
- Se recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica se incorpore al Libro del Edificio.

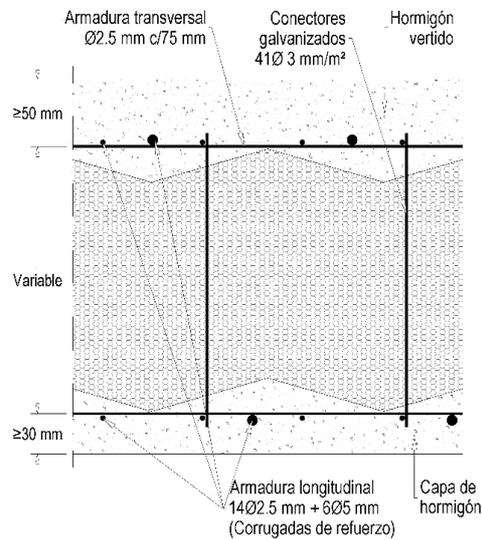


**Figura 1.** Sección transversal del panel de muro portante (BSR)



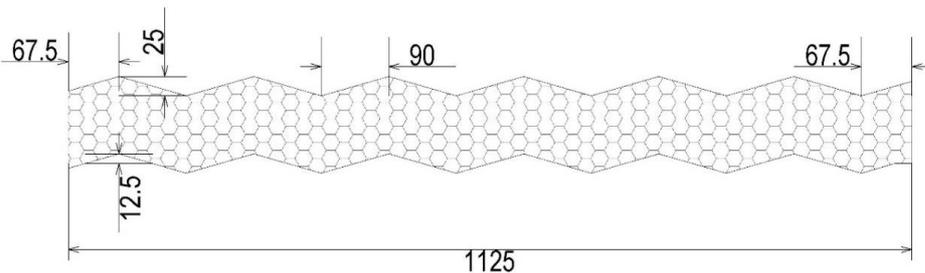
Nota: Los recubrimientos se fijarán en función de las exigencias del Código Estructural

**Figura 2.** Sección transversal del panel de forjado portante (BSF)



Nota: Los recubrimientos se fijarán en función de las exigencias del Código Estructural

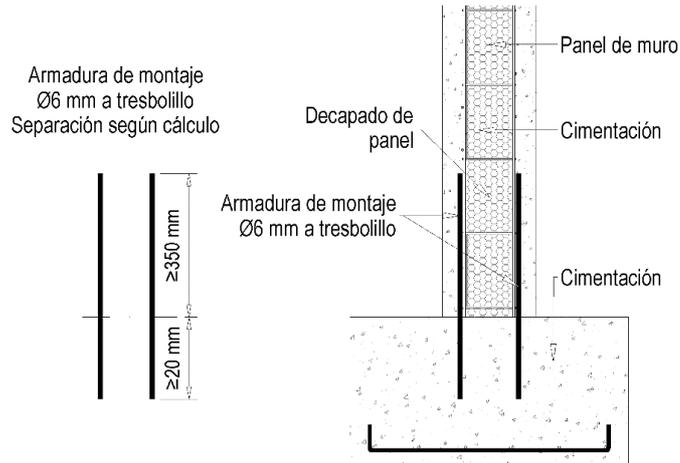
**Figura 3.** Geometría de la onda de EPS (cotas en mm)



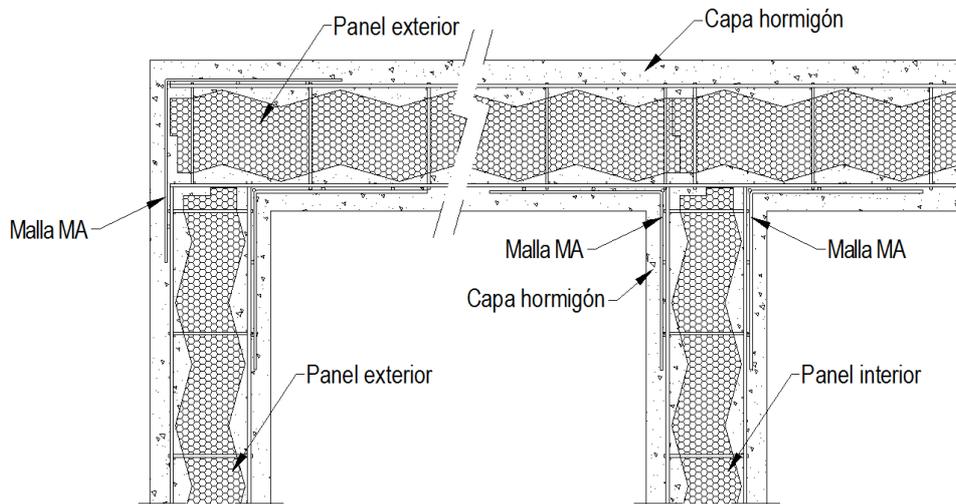
(Cotas en mm)



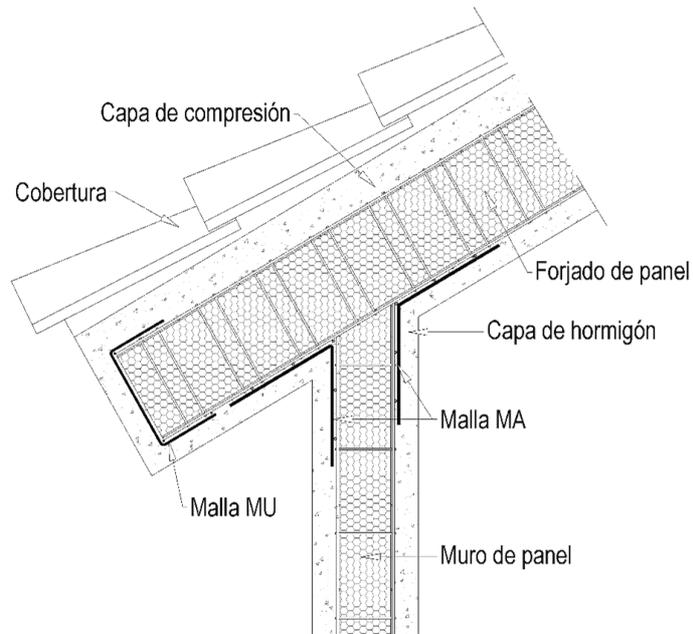
**Figura 4. Detalle de unión de paneles a cimentación**



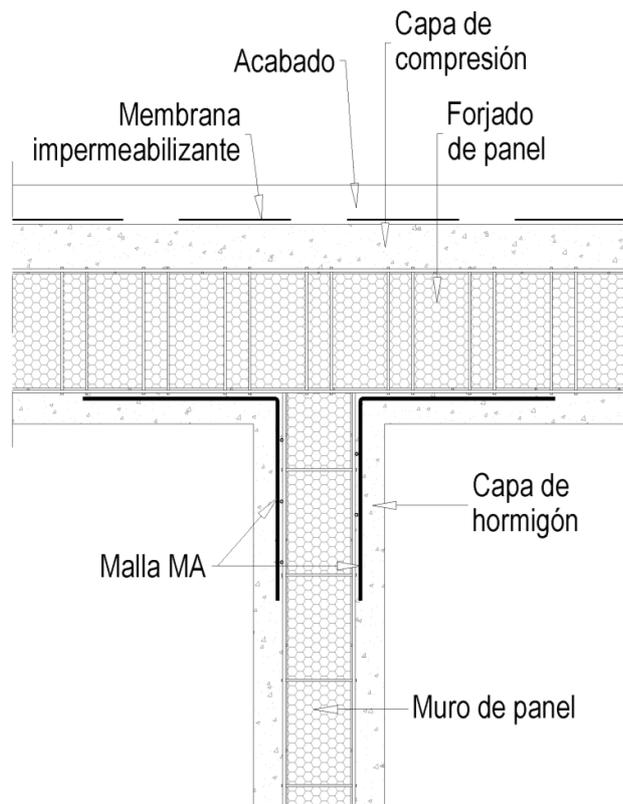
**Figura 5. Detalle de unión entre muros (en planta)**



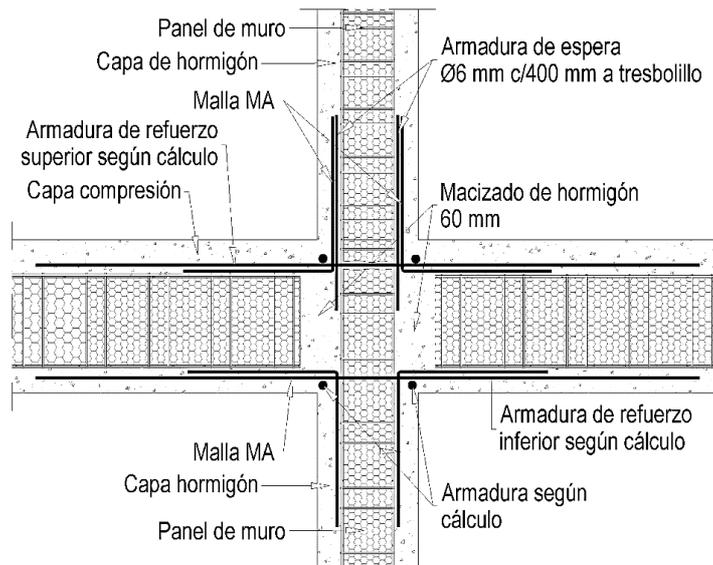
**Figura 6.** Detalle de unión entre muros y cubierta inclinada (en sección).



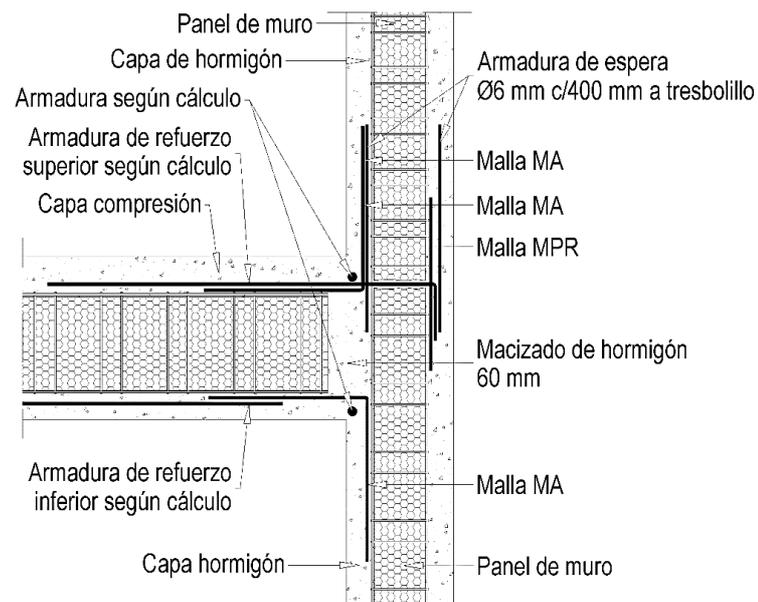
**Figura 7.** Detalle de unión entre muros y cubierta plana (en sección).



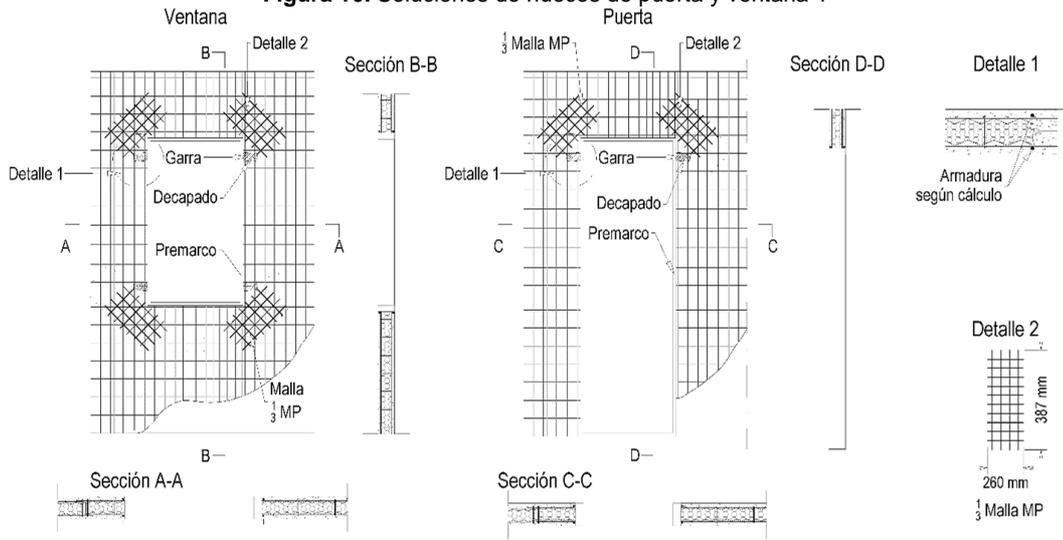
**Figura 8.** Detalle de unión entre muros interiores y forjados (en sección)



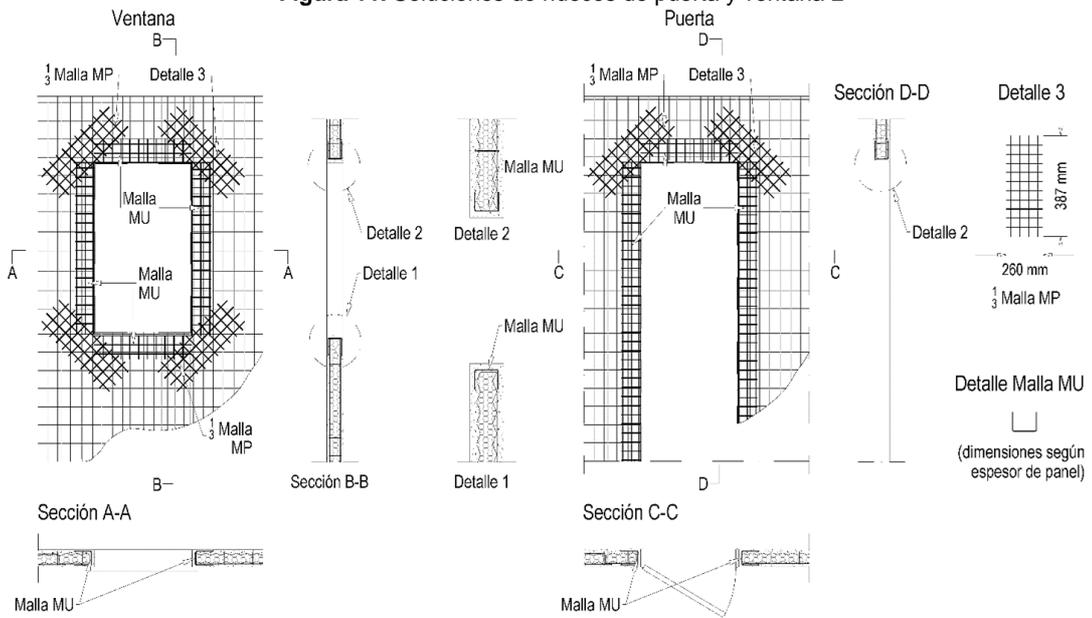
**Figura 9.** Detalle de unión entre muros exteriores y forjado (en sección)



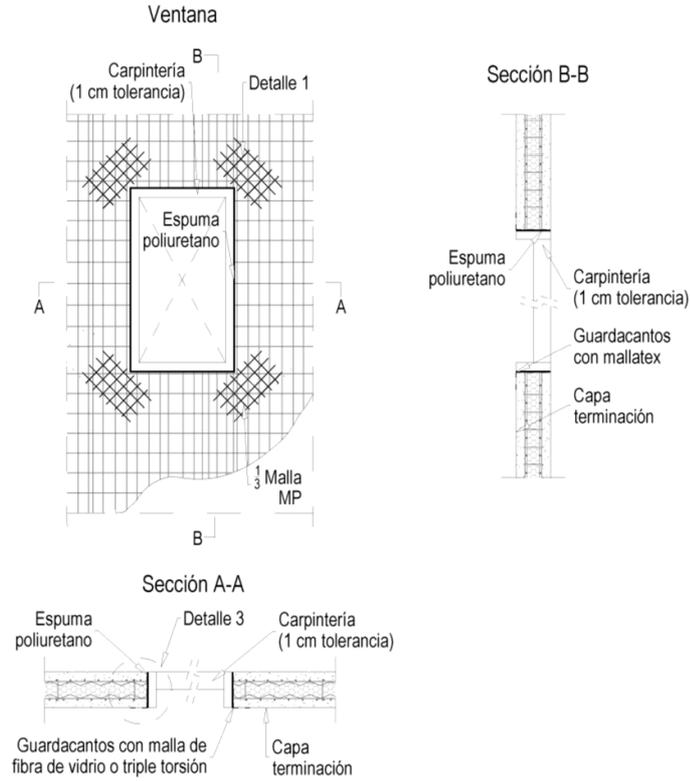
**Figura 10. Soluciones de huecos de puerta y ventana 1**



**Figura 11. Soluciones de huecos de puerta y ventana 2**



**Figura 12.** Detalle genérico para ventana con solución alternativa a la malla MU



**Figura 13.** Detalle genérico para puerta con solución alternativa a la malla MU

