



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 455R/20

Área genérica / Uso previsto:

Sistema portante MK2 de paneles de hormigón armado con núcleo de EPS

Nombre comercial:

MK2

Beneficiario:

International Trucks and Equipment Supplies S.A. (ITESSA)

Sede Social:

C/ Verano n.º 10 posterior
Polígono Industrial «Las Monjas».
28850 Torrejón de Ardoz (Madrid).
Telf. 91 677 79 00
www.mk2.es

Lugar de fabricación:

Polígono Industrial «Los Frailes»
Parcela n.º 36
28814 Daganzo de Arriba (Madrid)

Validez. Desde:

8 de enero de 2020

Hasta:

8 de enero de 2025

(Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 26 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPEENNE POUR L'AGREMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT
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.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento integro 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. 455R/20

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 las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998,
- considerando la solicitud formulada por la Sociedad International Trucks and Equipment Supplies S.A. (ITESSA), para la renovación del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA n.º 455R/14 al **Sistema portante MK2 de paneles de hormigón armado con núcleo de EPS**,
- en virtud de los vigentes Estatutos de *l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc)*,
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesiones celebradas los días 16 de diciembre de 2004, 21 de febrero de 2013, 29 de abril de 2014 y 17 de diciembre de 2019,

DECIDE:

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 455R/14, con el número 455R/20 al **Sistema portante MK2 de paneles de hormigón armado con núcleo de EPS**, considerando que,

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

CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA evalúa exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el peticionario y tal y como queda descrito 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 dirección de obra correspondiente.

El proyecto técnico citado anteriormente vendrá suscrito, en cada caso, por International Trucks and Equipment Supplies S.A. (ITESSA), que aprobará la memoria de cálculo y la documentación gráfica en la que se detallen la geometría y tolerancias de todos y cada uno de los paneles y, especialmente, las condiciones de estudio de servicio de las losas.

En general, se tendrán en cuenta, tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra, todas las prescripciones contenidas en las normativas vigentes: el Código Técnico de la Edificación (CTE), la «Instrucción del Hormigón Estructural» (EHE) o Código que la sustituya y la «Norma de Construcción Sismorresistente» (NCSR-02).

CONDICIONES DE CÁLCULO

En cada caso el fabricante comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico de este Documento, 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 en la Normativa en vigor y para la situación geográfica concreta.

CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL

El fabricante deberá mantener el autocontrol que en la actualidad realiza sobre las materias primas, el proceso de fabricación y el producto acabado, conforme a las indicaciones que se dan en el apartado 7 del Informe Técnico.

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por empresas cualificadas, reconocidas por International Trucks and Equipment Supplies S.A. (ITESSA), bajo su control y asistencia técnica. Dichas empresas asegurarán 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.

De acuerdo con lo anterior, el presente documento ampara exclusivamente aquellas obras que hayan sido realizadas por empresas cualificadas, reconocidas por International Trucks and Equipment Supplies S.A. (ITESSA).

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, así como lo especificado en el Plan de Seguridad y Salud de la obra.

VALIDEZ

El presente Documento de Idoneidad Técnica número 455R/20 sustituye y anula al documento n.º 455R/14 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,
- 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 IETcc 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 DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 8 de enero de 2025.

Madrid, 8 de enero de 2020



EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

INFORME TÉCNICO

1. OBJETO

MK2 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 hormigón a través de dispositivos de impulsión neumática.

De esta manera, los paneles conforman los elementos estructurales de cerramiento vertical y horizontal de un edificio con una capacidad portante que será calculada según modelo de cálculo descrito en el apartado 12 del presente Informe Técnico.

El presente documento es válido para aplicaciones del Sistema hasta cuatro alturas, o seis alturas con las condiciones establecidas en el punto 3.2.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema portante de paneles de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido MK2 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 hormigón.

MK2 es un sistema abierto puesto que permite combinarse con otros sistemas constructivos tradicionales y no tradicionales.

Los elementos que componen el sistema MK2 son:

a) Paneles portantes verticales PR:

Elementos de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido para interiores o exteriores. Estos elementos trabajan verticalmente y resisten los esfuerzos horizontales que se transmiten en su alineación o los producidos por empujes horizontales de viento o sismo. Pueden también trabajar a flexión como jácenas de gran canto, colocados verticalmente. Se fabrican para espesores terminados de 10 a 28 cm de espesor con longitud variable.

b) Paneles para forjados PR:

Elementos de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido que constituyen las placas de forjado, que pueden ser horizontales o inclinadas. Son elementos destinados a soportar las cargas verticales que se originan en el 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 para 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.

c) Paneles no portantes verticales PN:

Elementos de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido para interiores o exteriores. Son elementos sin función estructural, con los mismos espesores del PR.

d) Paneles no portantes verticales PC:

Elementos de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido para interiores o exteriores. Son elementos sin función estructural, con los mismos espesores del PN que poseen un menor número de conectores y una menor cuantía de acero galvanizado por unidad de superficie, aplicables sólo como cerramientos o particiones interiores de estructuras tradicionales preexistentes.

3. COMPOSICIÓN DE LOS PANELES COMPONENTES DEL SISTEMA

3.1 Paneles

El panel de cerramiento estructural está constituido por una placa ondulada de poliestireno expandido, densidad igual o superior a 15 kg/m^3 , de un ancho estándar de 1125 mm, que lleva adosadas en sus caras sendas mallas de acero vinculadas entre sí por 80 conectores de acero electro soldados por cada metro cuadrado de superficie.

El espesor del poliestireno expandido puede variar desde 4 cm hasta 26 cm, en función de las necesidades del proyecto arquitectónico pues este, más el espesor medio del hormigón proyectado, que es de 3,5 cm como mínimo por cada cara, conforman el espesor total del muro. La profundidad de la onda del EPS es de 12 mm y la separación de las mismas es de 70,30 mm, resultando longitudinalmente 13 ondas curvas y 3 ondas cuadradas por cada placa de ancho nominal 1125 mm. (Ver figuras 1 y 2).

Los mallazos de acero están constituidos por 20 barras longitudinales en cada cara, 6 de las cuales son de acero corrugado de diámetro 5 mm y las 14 restantes son lisas galvanizadas de diámetro 2,4 mm. En la dirección secundaria se dispone de una barra de acero liso galvanizado de diámetro 2,4 mm cada 6,5 cm (ver Figuras 3 y 4). La cuadrícula de armaduras resultante es entonces de 6,25 x 6,50 cm.

Estos mallazos se encuentran unidos entre sí a través de 80 barras de diámetro 3 mm por cada metro cuadrado de superficie de panel, dispuestos

en grupos de 12 conectores cada 13 cm, por cada placa de 1125 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, según su definición en el apartado 3.3.

Estos paneles, una vez instalados en vertical y tras su hormigonado constituyen el muro portante del edificio ya que poseen capacidad para resistir compresiones centradas y excéntricas y esfuerzos de flexión y corte.

Los paneles colocados en horizontal constituyen los forjados con luces entre apoyos de hasta 5 metros, con capacidad para resistir a flexión y cortante, utilizándose también para la transmisión de cargas horizontales (ver Figuras 4a y 4b).

Estos paneles pueden utilizarse también como muros de contención de suelos con una altura de hasta 3 metros, verificándose en cada caso que los momentos flectores resultantes del empuje activo sean menores que los momentos admisibles de la sección compuesta; podrán disponerse paneles verticales perpendiculares a modo de contrafuertes, que serán reforzados con barras corrugadas según cálculo.

El espesor de recubrimiento del acero será, como mínimo, de 30 mm en cada cara. En los forjados, el espesor mínimo de hormigón de la capa de compresión es de 50 mm.

Estos recubrimientos se refieren a la distancia desde la parte externa de la onda del poliestireno expandido hasta la superficie

3.2 Panel portante vertical para 6 alturas

El Sistema MK2 podrá emplearse como elemento portante vertical en edificios de hasta 6 alturas con el panel descrito en el punto 3.1, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- En las plantas baja y primera se empleará un panel mínimo de PR-80, con un recubrimiento de hormigón proyectado de 4,0 cm en cada cara (ver Figura 3b).
- Los forjados, en toda la altura del edificio, deben disponerse apoyados en sus cuatro bordes, trabajando bidireccionalmente, y con una luz máxima de 5,0 m.

3.3 Uniones y refuerzos

3.3.1 Unión con la cimentación

La unión de los paneles con la cimentación se realiza con armadura de acero corrugado de diámetro mínimo 6 mm con disposición en tresbolillo, es decir, alternándose en las caras del panel.

Esta armadura básica de montaje y el resto del anclaje necesario se definirá por cálculo y según lo requerido en el punto 11.1 del presente Informe Técnico. (Ver figuras 5a y 5b).

3.3.2 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 yuxtaposición, sin necesidad de colocar elementos adicionales de empalme.

3.3.3 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 Figuras 6, 7, 8 y 9), la continuidad se resuelve mediante las mallas angulares de 0,260 m de desarrollo por 1,16 m de ancho, fabricadas en el mismo acero que los mallazos de los paneles (acero liso galvanizado de diámetro 2,4 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 0,325 m por 1,16 m. (ver Figura 10).

Las mallas en forma de *U* tienen como finalidad permitir la adherencia del hormigón al EPS en los bordes de panel expuestos: aberturas internas, aleros, etc. (ver figura 9).

3.3.4 Unión de panel con forjado

Las uniones de los muros con los forjados pueden resolverse como se muestra en las Figuras 5 y 6.

Cuando los forjados se encuentren apoyados en sus cuatro bordes, podrán disponerse en obra armaduras corrugadas suplementarias, en la dirección perpendicular a las barras corrugadas de diámetro 5 mm de los mallazos del panel MK2 a los efectos de conformar forjados bidireccionales. El refuerzo perpendicular como máximo podrá tener la capacidad mecánica de las armaduras principales de los paneles (ver Figura 4b). En estos casos la luz máxima de los mismos podrá ser de 6,0 metros verificándose los Momentos flectores de servicio y las flechas máximas admisibles en estado elástico según lo estipulado en la EHE o Código que la sustituya.

3.3.5 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 6.

4. MATERIALES

Las piezas que componen los paneles del Sistema MK2 están fabricadas en poliestireno expandido (EPS) y mallas de acero.

4.1 Poliestireno expandido

El poliestireno expandido 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 la norma UNE-EN 13163: 2013+A2:2017⁽¹⁾:

- Densidad nominal:
 $\geq 15 \text{ kg/m}^3$.
- Conductividad térmica:
 $0,039 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.
- Clase de reacción al fuego según la norma UNE-EN 13501-1:2019⁽²⁾:
E.
- Resistencia a la difusión de vapor de agua:
 $20 < \mu < 40$
- Estabilidad dimensional:
 $0,5 \%$
- Tensión de compresión al 10 % de deformación:
 $\sigma_{10} \geq 60 \text{ kPa}$.
- Resistencia a la flexión:
 $\sigma_B \geq 50 \text{ kPa}$.
- Deformación bajo carga y temperatura:
 $\leq 5 \%$
- Absorción de agua por inmersión total a largo plazo:
 $\leq 5 \%$

El espesor del núcleo de poliestireno expandido de los paneles MK2 deberá ser tal, que el aislamiento térmico correspondiente al cerramiento obtenido, cumpla los requisitos exigidos por el CTE-DB-HE relativo a Ahorro Energético.

Dado que el poliestireno expandido resulta continuo en todos los muros de cerramiento, no resultan puentes térmicos, en contacto con los forjados.

En el caso de que se realicen cajeados para paso de instalaciones en los muros, los huecos se rellenarán con espuma de poliuretano.

Considerando la conductividad térmica certificada según UNE-EN 13163:2013+A2:2017⁽¹⁾ para la densidad 15 kg/m^3 resultan los valores de transmitancia térmica «U», mostrados en la Tabla 1, en $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$.

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

⁽²⁾ UNE-EN 13501-1:2019. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

Tabla 1. Transmitancia térmica de los paneles

CERRAMIENTO VERTICAL	
FLUJO HORIZONTAL	
PANEL TIPO	U ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)
PR-40	0,810
PR-50	0,671
PR-60	0,572
PR-70	0,499
PR-80	0,442
PR-90	0,397
PR-100	0,361
PR-110	0,330
PR-120	0,304
PR-130	0,282
PR-140	0,263
PR-150	0,247
PR-160	0,232
PR-170	0,219
PR-180	0,207
PR-190	0,197
PR-200	0,187

Estos valores han sido calculados según el CTE-DB-HE relativo a Ahorro Energético, habiéndose considerado una conductividad térmica del hormigón proyectado de $1,8 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

4.2 Aceros

4.2.1 Barras de acero corrugado

Las barras corrugadas son de calidad B 500 T con límite elástico mayor de 500 MPa, alargamiento en rotura superior al 8 % y resistencia a tracción mayor de 550 MPa según UNE 36099:1996⁽³⁾.

4.2.2 Barras de acero galvanizado

Las mallas se componen de alambres lisos de acero galvanizado, con resistencia a tracción de 700 MPa, límite elástico asociado (valor para el cálculo) 600 MPa y composición química según UNE-EN ISO 16120-2:2017⁽⁴⁾.

La capa mínima del galvanizado será de 45 g/m^2 para el diámetro de 2,4 mm y de 50 g/m^2 para el diámetro de 3 mm, según UNE-EN 10244-2:2010⁽⁵⁾.

5. HORMIGONES

Se utilizarán hormigones que cumplan las especificaciones marcadas en la EHE o Código que la sustituya, según la clase general de exposición ambiental en que se encuentre ubicada la obra.

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

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

⁽⁵⁾ 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.

Los componentes del hormigón para proyectar cumplirán los requisitos recogidos en UNE-EN 14487-1:2008⁽⁶⁾.

Los cementos empleados serán CEM I o CEM II según UNE-EN 197-1:2011⁽⁷⁾, de clase resistente 32,5 N/mm² o 42,5 N/mm², debiendo cumplir las especificaciones fijadas en la EHE o Código que la sustituya.

Los áridos podrán ser naturales o de machaqueo y deberán cumplir las prescripciones fijadas en la EHE, con la única limitación que para favorecer la impulsión neumática el tamaño máximo del árido sea 6 mm. La mezcla con que se realice la proyección neumática del hormigón estructural MK2 deberá cumplimentar 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, esta deberá ser inferior a 0,80 mm/m. Para tal fin, pueden emplearse microfibras en el hormigón.

La dosificación del hormigón proyectado, con la posible incorporación de aditivos, se realizará conforme a la EHE y de tal forma que se obtengan los requisitos antes descritos.

Es un factor importante para la calidad final del hormigón proyectado, la enérgica compactación proporcionada por los medios neumáticos de aplicación del mismo.

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⁽⁸⁾.

6. FABRICACIÓN DE LAS PLACAS MODULARES MK2

6.1 Lugar de fabricación

El sistema MK2 es fabricado por la empresa INTERNATIONAL TRUCKS & EQUIPMENT SUPPLIES, S.A. de España, cuya sede administrativa está ubicada en la calle Verano n.º 10 posterior del Polígono Industrial «Las Monjas», 28850 Torrejón de Ardoz (Madrid). La planta industrial está ubicada en el Polígono Industrial «Los Frailes»,

⁽⁶⁾ UNE-EN 14487-1:2008. Hormigón proyectado. Parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad.

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

⁽⁸⁾ UNE-EN 998-1:2018. Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido.

parcela n.º 36, 28814 Daganzo de Arriba (Madrid) y cuenta con un sistema interno de aseguramiento de la calidad para la fabricación de sus productos.

6.2 Documentos para la fabricación

El *Parte de producción* 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, de acabados y conformidad final. También en este documento se registran los controles de las actividades previas: corte de bloques del pantógrafo, producción de mallazo básico y mallas de unión y refuerzo, etc.

6.3 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de los paneles MK2 transcurre fundamentalmente en tres etapas:

6.3.1 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 4040 x 1160 x 1030 mm.

Estos bloques son cortados con una línea de corte consistente en una máquina controlada por ordenador 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 1.

6.3.2 Producción del mallazo de acero básico

A partir de bobinas de alambres de acero lisos de diámetros 2,4 a 3,0 mm y corrugadas de 5 mm, un equipo automático controlado por microprocesador realiza el ensamblaje de la malla electro soldada que está compuesta por 20 barras longitudinales, espaciadas en promedio 6,25 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 las barras 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.

6.3.3 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 12 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) proceden 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. Puede realizar hasta 160 puntos de soldadura por cada metro cuadrado de panel.

6.3.4 Producción de mallazos de unión

Para obtener las mallas planas y de refuerzo angular, descritas en el punto 3.3, 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, produciendo piezas planas y angulares de 0,260 m y 0,325 m de desarrollo respectivamente por 1,16 m de ancho.

7. IDENTIFICACIÓN Y ETIQUETADO

Los paneles MK2 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.
- 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,...

8. CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad se realiza sobre las materias primas componentes de los paneles y sobre el producto terminado.

8.1 Controles de recepción en fábrica

La trazabilidad de estos materiales queda registrada en el documento *Control de calidad*

poliestireno / acero junto con los certificados de proveedor y la documentación del suministro.

8.1.1 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 UNE-EN 13163:2013+A2:2017⁽⁹⁾, que dé cumplimiento a las características requeridas en el apartado 4.1 del presente Informe Técnico.

En planta de producción es controlado desde los siguientes aspectos:

1) 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.

2) 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 ± 2 cm; se verificará la ausencia de defectos visibles.

3) 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.

4) Inflamabilidad

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

8.1.2 Aceros

Los aceros se controlarán según los criterios establecidos en la EHE o Código que la sustituya, para el control a nivel normal.

Los aceros deberán cumplir con las normas UNE 36099:1996⁽¹⁰⁾, UNE-EN ISO 16120-2:2017⁽¹¹⁾ y

⁽⁹⁾ UNE-EN 13163:2013+A2:2017. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.

⁽¹⁰⁾ UNE 36099:1996. Alambres corrugados de acero para armaduras de hormigón armado.

⁽¹¹⁾ UNE-EN ISO 16120-2:2017. Alambroón de acero no aleado para la fabricación de alambre. Parte 2: Requisitos específicos del alambroón de uso general. (ISO 16120-2:2017).

UNE-EN 10244-2:2010⁽¹²⁾ 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 comprende el siguiente procedimiento:

El Jefe de Planta de INTERNATIONAL TRUCKS & EQUIPMENT SUPPLIES, S.A. 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:

1) *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.

2) *Dimensional*

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

8.2 **Proceso de fabricación**

8.2.1 *Corte de los bloques de poliestireno expandido*

Como se ha dicho, 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.

8.2.2 *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

⁽¹²⁾ 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.

longitudinales y transversales; este control en los nudos se realiza de acuerdo a la norma UNE-EN 10080:2006⁽¹³⁾ 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 15630-2:2011⁽¹⁴⁾ (Determinación del cortante en la soldadura). El registro de los resultados se efectúa en el estadiillo *Pruebas de tracción*.

8.2.3 *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.

Mensualmente, sobre la producción del período se toman muestras de malla de acero para efectuar un total de 20 pruebas de tracción y de separación de nudo soldado, tanto en los nudos del mallazo como en la unión mallazo-conector. Tales pruebas son realizadas según la norma UNE-EN ISO 15630-2:2011⁽¹⁴⁾ (Determinación del cortante en la soldadura).

Estos controles internos de fabricación quedan recogidos en los correspondientes partes de producción de paneles y cuaderno de pruebas de tracción de nudos.

8.3 **Control de calidad en obra**

El fabricante aportará un Plan de Control de Obra, en cumplimiento de la EHE o Código que la sustituya, que deberá ser aprobado por la

⁽¹³⁾ UNE-EN 10080:2006. Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.

⁽¹⁴⁾ UNE-EN ISO 15630-2:2011. Aceros para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 2: Mallas electrosoldadas. (ISO 15630-2:2010).

Dirección Facultativa. La Dirección Facultativa fijará los ensayos a realizar al hormigón.

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

8.3.1 Hormigones

Para la fabricación del 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 14487-1:2008⁽¹⁵⁾ y los recogidos en la EHE.

- Los áridos cumplirán las prescripciones fijadas en la EHE y contarán con Declaración de Prestaciones (marcado CE).
- 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⁽¹⁶⁾.
- El agua de amasado deberá cumplir las prescripciones fijadas en la EHE.
- 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⁽¹⁷⁾.
- Las adiciones deben cumplir, además de lo marcado en la EHE, los requisitos especificados en la norma UNE-EN 206:2013+A1:2018⁽¹⁸⁾.

Cuando el 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 materiales componentes.

Los 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 de la EHE 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⁽¹⁹⁾ para la toma de muestra total y preparación para ensayo.

⁽¹⁵⁾ UNE-EN 14487-1:2008. Hormigón proyectado. Parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad.

⁽¹⁶⁾ UNE-EN 197-1:2011. Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.

⁽¹⁷⁾ UNE-EN 934-2:2010+A1:2012. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.

⁽¹⁸⁾ UNE-EN 206:2013+A1:2018. Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad.

⁽¹⁹⁾ Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 2: Toma de muestra total de morteros y preparación de los morteros para ensayo.

8.3.2 Aceros

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

- Los aceros cumplirán la norma UNE 36068:2011⁽²⁰⁾ y estarán certificados por un sello o marca de calidad.
- Los mallazos cumplirán la norma UNE 36092:2014⁽²¹⁾ 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.
- 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.

9. ALMACENAMIENTO

El acopio de paneles MK2 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 2,80 metros entre sí. La altura de cada pila no será superior a 4 metros.

Se protegerán 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.

10. TRANSPORTE Y RECEPCIÓN EN OBRA

El transporte de los paneles se hará en pilas horizontales apoyadas sobre tirantes

⁽²⁰⁾ UNE 36068:2011. Barras corrugadas de acero soldable para uso estructural en armaduras de hormigón armado.

⁽²¹⁾ 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.

distanciados un máximo de 2,00 metros. La altura de cada pila podrá ser como máximo de 4 metros.

La manipulación para carga y descarga podrá hacerse por medio de auto elevadores con dos uñas de enganche o mediante grúas u otros dispositivos de izado con dos puntos de sujeción hasta longitudes de 6 metros. Para longitudes mayores de 6 y hasta 8 m se manipularán con tres puntos de enganche.

11. PUESTA EN OBRA

11.1 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 o armado según cálculo convencional, dimensionada en función de la resistencia admisible del terreno.

Esta cimentación presentará una armadura de espera, consistente en barras de acero corrugadas de diámetro 6 mm, en número que surja del cálculo estructural correspondiente de cada obra, con disposición en tresbolillo, es decir alternándose en las caras del panel. La distancia entre las filas de esas barras de espera 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 la EHE, no menos de 20 cm; deberán sobresalir del plano superior de la cimentación en una longitud mínima de 35 cm y se vincularán a las mallas del panel mediante simple atadura (ver Figura 5a). Las esperas también podrán colocarse perforando el hormigón de la solera con taladro rotopercurtor. La fijación de estas barras al hormigón se hará con una resina epoxi cuando el cálculo estructural así lo requiera.

Otra posible solución es colocar, antes de hormigonar la cimentación, las esperas en el eje del panel, con diámetro $\varnothing \geq 8$ mm y una separación máxima de 1,125 m (una por panel); completándose con las esperas de montaje de $\varnothing = 6$ mm con el número y separación definidas en el párrafo anterior, que se anclarán a la cimentación en una longitud de 10 cm. En este caso, se eliminará completamente el núcleo de EPS alrededor de la espera $\varnothing \geq 8$ mm, en un ancho igual al espesor de EPS y como mínimo de 5 cm. La espera será recubierta completamente por el hormigón proyectado (ver figura 5b).

11.2 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 Figuras 6, 7, 8 y 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 dispuestas a lo largo de las mismas y en cada una de sus caras (ver Figuras 6, 7, 8 y 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 que se suministran conjuntamente con los paneles MK2, para estos fines (ver Figura 10).

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 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 MK2.

La unión entre muros y forjados se resuelve según lo indicado en el punto 3.3.4 y las Figuras 6 y 7 del presente Informe Técnico, cuidando de dar continuidad vertical a los espesores de hormigón proyectado aplicados en las caras de apoyo. Se reforzarán los bordes perimetrales del forjado mediante un zuncho de hormigón in situ, 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 deprimiendo el mismo mediante una pistola de aire caliente, en las que se alojarán los conductos correspondientes.

11.3 Vertido o proyección del hormigón

Una vez realizadas las operaciones descritas se procede a la proyección del hormigón, para lo que

se tendrá en cuenta la EHE y lo establecido en UNE-EN 14487-2:2008⁽²²⁾.

La proyección puede realizarse con dispositivos de proyección neumática tipo *hopper-gun* conectados a un compresor de aire de la potencia adecuada o con máquinas de proyección continua del tipo PFT, Maltech o similar.

Las gunitadoras *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 se muestran a continuación:

Tabla 2. Potencias de proyección recomendadas

Potencia motor (HP)	Caudal de aire (Litros/min)	Número de gunitadoras
2 ½ a 4	350 a 400	1
5 a 6	600 a 700	2 a 3
8 a 10	900 a 1.000	3 a 4

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

- Tipo de camisa de bombeo;
- Caudal de la misma;
- Velocidad de giro del motor;
- Peso aparente del mortero industrial o del hormigón proyectado;
- Porcentaje de agua recomendado por el fabricante del mortero seco.

La proyección del 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 hormigón podrá realizarse en 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. Para ello se utilizan guías, a modo de maestras, que pueden ser simplemente tubos de acero de sección cuadrada de 20 mm, contra los que se cortan los espesores de hormigón proyectados. 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 debe disponerse de un sistema de sopandas y puntales empleándose cualquiera de los siguientes procedimientos:

Procedimiento 1: se colocan las placas PR sobre el apuntalamiento, unidas entre sí a través de sus

solapes correspondientes. 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 6 y 7.

A continuación, se aplicará una primera capa de hormigón proyectado por la cara inferior que servirá para rigidizar y darle capacidad encofrante a las placas PR. Posteriormente se verterá la capa de compresión de 5 cm, que podrá ser de hormigón proyectado empleado en los muros u hormigón suministrado por planta en posesión de sello de calidad.

La disposición de sopandas y puntales debe ser tal que evite una excesiva deformación de los paneles ante el peso del hormigón fresco.

Una vez alcanzada la resistencia estimada del hormigón vertido (con la aprobación de la Dirección Facultativa), podrán quitarse las sopandas, cambiando algunos puntales que aseguren la indeformabilidad del forjado hasta su completo hormigonado, aplicando la segunda capa de hormigón proyectado por la cara inferior.

Esta segunda capa de hormigón proyectado rellenará completamente los sectores ocupados por sopandas y puntales.

Procedimiento 2: se realiza un encofrado horizontal con el sistema Mecanoflex o tradicional (tableros fenólicos o tableros sobre sopanda y puntales). Las sopandas deberán estar separadas entre sí a una distancia de 1,20 m aproximadamente en una de las direcciones del forjado.

Una vez se termina de colocar los tableros del encofrado, se coloca una lámina de fieltro geotextil por todo el paño a hormigonar, que quedarán por debajo de las mallas angulares, hasta el encuentro con el muro. A continuación, para garantizar el espesor de recubrimiento mínimo inferior, se colocan unos separadores de 3 cm de altura, bien atados a las mallas de la cara inferior de los paneles, bien bajo la armadura de refuerzo inferior que se replantea sobre el geotextil y el encofrado.

Posteriormente se vierte el microhormigón, se extiende y se vibra y se coloca el panel, presionando para que se asiente y penetre el hormigón por todas las ondas y quede apoyado sobre los separadores o barras de refuerzo. La tarea se continúa hasta completar toda la superficie de forjado.

Se colocan las mallas angulares superiores por el perímetro del forjado y las mallas horizontales en determinadas o armaduras de refuerzo, si procede, en la cara superior. Una vez terminada esta tarea, se procederá al vertido de la capa de compresión de 5 cm de espesor.

Los períodos de desencofrado y descimbrado se realizarán siguiendo la instrucción EHE y lo dispuesto por la Dirección Facultativa.

⁽²²⁾ UNE-EN 14487-2:2008. Hormigón proyectado. Parte 2: Ejecución.

11.4 Comprobaciones finales

Para garantizar el espesor (mínimo 5 cm) de la capa superior de los forjados, se pintarán las alineaciones en los costeros perimetrales y se dispondrán cuerdas para su verificación tras la extensión, vibrado y fratasado.

El error de aplomado de cara (transversal) de un panel no debe ser superior a 8 mm (sobre la generatriz media).

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 plomo 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.

12. MEMORIA DE CÁLCULO

Los edificios construidos con el Sistema Constructivo MK2 se conciben como estructuras formadas por grandes elementos verticales y horizontales, que se constituyen al 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 proporcionen los conectores de acero de 3 mm de diámetro, de modo que las dos capas de hormigón proyectadas trabajan de manera solidaria como sección compuesta.

12.1 Elementos verticales

La unión entre cada uno de los elementos es articulada de forma tal que la rigidez transversal de cada elemento vertical es despreciable frente a su rigidez en el plano. El Módulo de elasticidad longitudinal E_x es el correspondiente a un hormigón HA25 mientras que el Módulo de elasticidad en la dirección perpendicular es el correspondiente a la sección compuesta y se obtendrá mediante cálculo, en función de los espesores a considerar.

Para dar estabilidad a los edificios es necesario que se dispongan paneles 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 existentes en cada planta y estudiando en cada caso, la transmisión de las cargas horizontales a través del forjado o de los posibles arriostramientos.

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 la EHE o Código que la sustituya.

12.2 Elementos horizontales

En cuanto a los elementos horizontales que constituyen los forjados, estos también se consideran articulados en sus apoyos, es decir, que se consideran isostáticos de forma que no se transmite ningún momento de empotramiento a los elementos de sustentación vertical.

La rigidez a flexión de los mismos se limita a la consideración de un módulo de elasticidad longitudinal obtenido según lo indicado en el punto anterior y se calcularán dentro de la zona de comportamiento elástico.

Las secciones serán dimensionadas según la EHE o Código que la sustituya.

Los paneles presentan una armadura de 6 barras corrugadas de diámetro 5 mm en cada cara. 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 determinadas por el cálculo, no disponiéndose una armadura superior a los que traen los paneles.

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

13. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

Entre otras, el fabricante aporta como referencia:

Tabla 3. Referencias de utilización

Obra	Alturas	Año
Vivienda unifamiliar en C/ Narcea, 16. Urbanización Ciudadcampo, San Sebastián de Los Reyes (Madrid). 489 m ² .	2	2008
Área de Oficinas de Nave Industrial de KOOLAIR en Calle Mercurio. Polígono Industrial La Fuensanta, Móstoles (Madrid). 440 m ² .	2	2008
Edificio de 6 Apartamentos en C/ Benito Daza n.º 1 - C de Algeciras (Cádiz).	4	2009
Vivienda unifamiliar en C/ Estrella, 29. Navalcarnero (Madrid). 124 m ² .	2	2009
Vivienda unifamiliar en Parcela 3, Calle 1. UE 16/2. El Dosel, Cullera (Valencia). 310 m ² .	3	2010
Vivienda unifamiliar en C/ Gerardo Diego, 31 en San Agustín del Guadalix (Madrid). 234 m ² .	3	2010
Vivienda unifamiliar en C/ Río Algodor c/v C/ Río Tajo en Mora (Toledo). 350 m ² .	1	2010
Vivienda unifamiliar en c/ Puerto de Canencia, 5. Galapagar (Madrid)	1	2011
Vienda unifamiliar en C/ Río Jarama, 3. Boadilla del Monte (Madrid). 950 m ² .	3	2015
Edificio de Viviendas en República del Congo. 15 600 m ² .	5	2015
Vivienda Unifamiliar Alias en Isla Reunión (Francia). 490 m ² .	2	2016
Vienda unifamiliar en C/ Unicornio, 87. Rota (Cádiz). 650 m ² .	3	2018

Tabla 3. Referencias de utilización (continuación)

Obra	Alturas	Año
Vivienda Unifamiliar en C/ Fermín Salvochea, 27. Rota (Cádiz). 630 m ² .	3	2018
Oficinas y Almacén en Avda. de La Cañada, n.º 64. Coslada (Madrid). 430 m ² .	1	2018
Viviendas Pareadas en C/ Osa Mayor. Rota (Cádiz). 890 m ² .	3	2019
Viviendas unifamiliares en C/ Pegaso, n.º 9, 13 y 15. Rota (Cádiz). 1421 m ² .	3	2019

El IETcc ha realizado diversas visitas a obras, así como una encuesta, todo ello con resultado satisfactorio.

14. ENSAYOS

Parte de los ensayos se realizaron en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) cuyos resultados se reflejan en los informes 18 416-1, 18 416-2, 18 416-5 y 20 191-I; y otra parte de los ensayos fueron aportados por INTERNATIONAL TRUCKS & EQUIPMENT SUPPLIES, S.A. y realizados en otros laboratorios, junto con los ensayos realizados en el DIT n.º 431.

14.1 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 el punto 3.1 de este Informe.

14.1.1 Comportamiento a flexotracción unidireccional

a) Objeto del ensayo

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

b) Disposición de los ensayos

Se ensayaron los paneles PR-160 y PR-200 con una capa de compresión de 5 cm y la inferior con un espesor de 3,0 cm en los paneles PR-160 y 3,5 cm en los paneles PR-200.

Las dimensiones en planta de los paneles PR-160 eran de 3,60 x 1,12 m, y las de los paneles PR-200 eran de 4,00 x 1,12 m.

La disposición del ensayo queda reflejada en el expediente de ensayos 20 191-I.

c) Resultados obtenidos

En la Tabla 4 se muestra la carga y el momento flector resultante para diferentes flechas características, así como la carga máxima alcanzada al producirse la rotura con la flecha en ese instante.

En todos los ensayos el fallo del panel se produjo por flexión.

Los datos que se muestran son la carga total del actuador hidráulico para un ancho de panel de 1,12 m. La luz de vano era de 3,2 m para los paneles PR-160 y 3,4 para los paneles PR-200.

Tabla 4. Resultados de los ensayos de flexotracción

Cargas y momentos para las flechas		PR 160-1	PR 160-2	PR 200-1	PR 200-2
L/500	Carga (kN)	9,33	9,59	8,90	7,86
	Mto.(kN·m)	3,73	3,84	4,01	3,54
L/400	Carga (kN)	11,48	11,44	10,61	9,48
	Mto.(kN·m)	4,59	4,58	4,77	4,27
L/300	Carga (kN)	14,75	14,58	13,40	12,56
	Mto.(kN·m)	5,90	5,83	6,03	5,65
L/200	Carga (kN)	20,82	21,11	18,66	18,11
	Mto.(kN·m)	8,33	8,44	8,40	8,15
Carga máxima (kN)		42,7	48,9	23,6	33,5
Flecha bajo carga máxima (mm)		38,8	49,1	25,7	38,4

14.1.2 Comportamiento a compresión centrada

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento mecánico de un panel sometido a las cargas verticales de los elementos superiores del edificio.

b) Disposición del ensayo

Se realizaron dos ensayos a compresión con el fin de estudiar el comportamiento mecánico de los paneles prefabricados PR-80 frente a las cargas verticales de los elementos superiores.

Los paneles tenían unas dimensiones de 1,12 x 2,60 m. Las cabezas macizas en una altura de 15 cm.

Cada panel objeto del ensayo se colocó perfectamente aplomado y se le aplicó una carga repartida a todo lo ancho del panel por medio de un perfil metálico. La carga se fue incrementando, con velocidad de 18 kN/min, hasta alcanzar la de rotura.

c) Resultados obtenidos

El primer panel rompió con una carga de 313 kN. El segundo panel rompió con una carga de 322 kN. En ambos casos la rotura se produjo por pandeo.

14.1.3 Comportamiento a flexión bidireccional

a) Objeto del ensayo

Se estudia si una placa compuesta por una serie de paneles que apoyan en los cuatro lados de su contorno y se ha dispuesto la armadura corrugada en las dos direcciones, se comporta como una losa apoyada en sus cuatro lados.

b) Disposición del ensayo

Se dispuso de una losa de paneles de PR-120 con un espesor total de 20,5 cm y de unas dimensiones de cálculo en planta de 2,80 m x 2,87 m, apoyada sobre un bastidor metálico, con cuatro apoyos y arriostrados transversalmente. La carga se consiguió situando sobre la losa una piscina y controlando la lámina libre de agua mediante una regleta graduada, situada en el interior de la piscina. Se aplicó un primer escalón de 200 kp/m² y, a partir de éste, escalones de 100 kp/m² hasta los 860 kp/m². Esta carga se mantuvo 20 horas tras las cuales se midió la flecha.

Para las lecturas de las flechas se utilizaron cinco flexímetros: el primero en el centro de la losa y los cuatro restantes en los medios y a ¼ de la luz del borde, con una precisión de lectura de una centésima de milímetro.

c) Resultados obtenidos

De la lectura de los flexímetros que estaban en los centros y a ¼ del borde, por tener las deformaciones del mismo orden, se deduce que la placa está trabajando en las dos direcciones y las dos capas de hormigón proyectado trabajaron solidariamente.

Las flechas obtenidas a las 20 horas de haberse cargado la placa, eran similares a las verificadas en el momento de haberse producido el último escalón de carga.

14.1.4 Comportamiento a cortante⁽²³⁾

a) Objeto del ensayo

Verificar que en la unión de los paneles horizontales que actúan como forjados, con los paneles estructurales verticales se realiza la transmisión de las cargas del piso a los paneles verticales, comprobándose el orden de magnitud que resisten a cortantes.

b) Disposición del ensayo

Se ensayó un pórtico en forma de H, formado por dos paneles verticales de PR-40, con dos capas de hormigón de 3 cm, siendo los paneles de 1,125 m de ancho con 1,10 m de alto, unidos en su altura intermedia mediante otro panel de PR-40, siendo sus espesores de hormigón de 5 cm como capa superior y de 3 cm en su cara inferior, y con una longitud de 1,05 m que es la distancia libre entre los paneles verticales y con una anchura de 1,125 m.

La disposición del ensayo queda reflejada en el expediente de ensayos 18 167-2.

c) Resultado obtenido

La carga última aplicada sobre el panel fue de 74,2 kN, produciéndose la paralización del ensayo, no por agotamiento a cortante de la unión, sino por

la rotura a flexión del panel, teniéndose en cuenta las cargas a considerar y las longitudes de los paneles, se verifica que el panel losa transmiten los esfuerzos cortantes a sus paneles de apoyo.

14.1.5 Comportamiento mecánico del panel vertical a esfuerzos horizontales⁽²³⁾

a) Objeto del ensayo

Se estudia el comportamiento de los paneles verticales frente a una sollicitación horizontal en el plano del panel, que representan los esfuerzos transmitidos por el viento o el sismo.

b) Disposición del ensayo

Se colocaron dos paneles de PR-40, con sus capas de hormigón de 3 cm en cada lado y una altura de 2,6 m, sobre una zapata de 2,60 x 0,40 x 0,40 m.

La disposición del ensayo queda reflejada en el expediente de ensayos 18 167-2.

c) Resultados obtenidos

El ensayo concluye para un valor de carga de 70 kN por la rotura de la zapata.

El muro formado por los dos paneles permanece recto sin ninguna fisura o grieta distinta de la horizontal de la unión del muro con la zapata.

El ensayo confirma que las dos capas de hormigón, unidas por la armadura básica, trabajan solidariamente bajo la acción de la carga horizontal en el plano del panel, resistiendo un momento de rotura de 182 kN·m en un ancho de panel de 0,80 m siendo, por tanto, el comportamiento del muro válido y conforme al cálculo estructural.

14.1.6 Deformabilidad del panel-losa⁽²³⁾

a) Objeto del ensayo

Estudiar si las flechas o deformaciones que se producen en un panel-losa, producidos por la acción de las cargas permanentes y sobrecargas que actúan sobre el panel, corresponden a las definidas según el modelo teórico de cálculo que indica el fabricante.

b) Disposición del ensayo

El panel PR 80 se dispone con una capa superior de 5 cm como losa de compresión, y de 2,5 cm como de capa inferior. El panel de 1,125 m de ancho y de 3,80 m de largo, dispuesto con una separación entre apoyos de 3,20 m.

La disposición del ensayo queda reflejada en el expediente de ensayos 18 167-2.

c) Resultados obtenidos

Los flexímetros dieron flechas del mismo orden, con un valor medio de 6,27 mm a la media hora de haberse producido la carga. Se mantuvo la carga durante 24 horas, no produciéndose un incremento significativo de la flecha; al cesar la carga, cesó la deformación manteniéndose una

⁽²³⁾ Ensayo realizado para la evaluación del DIT 431.

pequeña deformación remanente de 0,7 mm, verificándose que las flechas producidas corresponden al cálculo teórico de los mismos.

14.2 Coeficiente de conductividad⁽²³⁾

Obtenida a través del ensayo realizado de acuerdo con la Norma UNE-EN 92202, DIN 52612 y ASTM-C-518, a un panel de PR-80, con espesores de hormigón proyectado de 30 mm, de dimensiones de 60 x 60 cm, en estado seco.

$$\lambda = 0,50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

14.3 Ensayos de aptitud de empleo⁽²³⁾

14.3.1 Resistencia al impacto de cuerpo blando

Se sometió al muro formado por paneles PR-40, según lo definido en el apartado 14.1.5, al choque blando de un saco de 50 kg con impactos de 900 y 1200 julios, con resultado satisfactorio, por cuanto el panel no se fisura.

14.3.2 Ensayo de estanquidad a las uniones de paneles

Dispuestos 4 paneles de PR 80 de 0,50 x 0,50 m, se proyecta por ambas caras su recubrimiento de 30 mm de hormigón. Pasados 28 días se les sometió a la proyección horizontal de agua, verificándose que no se observó penetración de agua, ni por el propio panel, ni por las uniones, ya sean horizontales o verticales.

La disposición del ensayo queda reflejada en el expediente de ensayos 18 167-1.

14.3.3 Ensayo a flexión de dos paneles de forjado

a) Objeto del ensayo

Ensayo para evaluar el grado de transmisión de esfuerzos a través de la unión de dos paneles de forjados, al mismo tiempo que el estudio del comportamiento mecánico de dichas losas sometidas a un esfuerzo de flexotracción.

b) Disposición del ensayo

El conjunto está formado por dos paneles de PR-80 de 1,125 m de anchura y de una longitud de 3,20 m recubierto con un espesor de hormigón proyectado de 5 cm como capa superior y de 2,5 cm, como capa inferior. La luz entre apoyos era de 2,80 m.

La disposición del ensayo queda reflejada en el expediente de ensayos 18 167-2.

c) Resultados obtenidos

El ensayo nos muestra que la unión entre losas transmite transversalmente las cargas al panel adyacente, pero también nos indica que la transmisión transversal de la carga en este tipo de paneles, es menor que en los paneles de sección completa de hormigón, por lo que, para estos

sistemas, no se recomienda la aplicación directa de una carga puntual.

14.3.4 Ensayo de aptitud de empleo mecánico del sistema

a) Objeto del ensayo

Estudiar el comportamiento mecánico de las juntas de unión entre paneles horizontales y verticales, en los que unos están sometidos a las cargas verticales de los elementos superiores del propio edificio, más los pesos y sobrecargas del forjado correspondientes al panel horizontal.

b) Disposición del ensayo

Se ensayó un pórtico formado por:

- como elementos verticales, paneles PR-40 con recubrimientos de hormigón proyectado de 30 mm, de 1,125 m de ancho y 3,40 m de altura;
- como forjado, un panel PR-80, con unos recubrimientos de hormigón proyectado de 50 mm de capa superior, 25 mm de capa inferior y 4,20 m de longitud.

Se cargó el forjado con una sobrecarga uniforme repartida y se aplicó una carga vertical puntual sobre uno de los paneles verticales.

La disposición del ensayo queda reflejada en el expediente de ensayos 18 167-2.

c) Resultados obtenidos

El ensayo finalizó con un valor de la carga puntual de 375 kN, siendo la carga a considerar en los edificios de 4 alturas y una separación entre apoyos de 5,00 m la de 100 kN/m estando, por tanto, con un coeficiente de mayoración de carga del orden de 3,6 veces, y con la pared superior no arriostrada.

14.3.5 Aislamiento acústico

a) Ensayo de laboratorio

Ensayos efectuados por ENMACOSA, con número C-9756/01, de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 140, realizados en obras construidas de acuerdo con el Sistema. Para una pared exterior formada por un núcleo de EPS de PR-100, y con unas capas de mortero de 40 mm y 50 mm, y revestido con 10 mm de yeso se ha obtenido un valor de aislamiento acústico de 48 dBA.

Para unas particiones interiores formadas por un panel con núcleo de EPS de PR-40 y capas de mortero de 30 mm en ambas caras, revestidos con 10 mm de yeso, el valor obtenido de aislamiento acústico es de 38 dBA.

El aislamiento acústico al ruido aéreo del forjado, constituido por un PR-150, capa de compresión de hormigón de 60 mm y 30 mm de la cara inferior, con 100 mm de espesor de formación de suelo, es de 49 dBA.

⁽²³⁾ Ensayo realizado para la evaluación del DIT 431.

15. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

15.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

15.1.1 SE - Seguridad estructural

Los muros y forjados construidos con el Sistema MK2 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 el punto 12.

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 ha de dimensionar, además de por Estado Límite Último, por el estado Límite de Servicio, dentro de la zona de comportamiento elástico.

Se prestará especial atención a una 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).

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.

15.1.2 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 EN 13501-2⁽²⁴⁾) 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 al fuego de paredes y techos que delimiten

⁽²⁴⁾ 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.

sectores de incendio (SI 1) y en relación con la propagación exterior (SI 2).

15.1.3 SUA - Seguridad de utilización y accesibilidad

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

15.1.4 HS - Salubridad

Los ensayos de estanquidad al agua de los paneles y juntas permitieron verificar el correcto comportamiento del sistema ante esta sollicitación, debiendo realizarse la ejecución de juntas conforme a lo descrito en el Informe Técnico.

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 sustancias peligrosas de acuerdo a la legislación nacional y europea.

15.1.5 HR - Protección frente al ruido

El Sistema permite la incorporación posterior de aislamiento acústico.

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

15.1.6 HE - Ahorro de energía

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

La solución completa de cerramiento debe satisfacer las exigencias del CTE-DB-HE, relativo a Ahorro Energético, en cuanto a comportamiento higrotérmico; debiendo quedar justificado el cumplimiento del requisito básico de limitación de la demanda energética (HE 1) para la zona climática correspondiente en función de cada tipo de cerramiento.

En el punto 4.1 del Informe Técnico se dan los coeficientes de la transmitancia térmica de cerramientos, particiones y forjados realizados con el Sistema.

15.2 Utilización del producto. Puesta en obra y limitaciones de uso

15.2.1 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, emitiendo un certificado de conformidad al final de la obra.

15.2.2 Limitaciones de uso

El presente documento es válido para aplicaciones del Sistema hasta cuatro alturas, o seis alturas con las condiciones establecidas en el punto 3.2 del Informe Técnico; 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 arriostamiento 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 15.1.2.

La solución de unión con la cimentación con una única espera, descrita en la puesta en obra, es de aplicación únicamente en zonas no-sísmicas y con empujes horizontales de viento menores de 20 % de la carga vertical.

Se seguirá, para su aplicación, lo descrito en el apartado 9 de puesta en obra.

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.

15.2.3 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 15.1.4), 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.

15.3 Gestión de residuos

Para los residuos producidos durante los procesos de fabricación y puesta en obra del sistema, en particular de las masillas de sellado, 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.

15.4 Condiciones de seguimiento

La concesión del DIT está ligada al mantenimiento de un seguimiento anual del control de producción en fábrica del fabricante y si procede de algunas de las obras realizadas. Este seguimiento no significa aval o garantía de las obras realizadas.

16. CONCLUSIONES

Considerando:

- que International Trucks and Equipment Supplies S.A. (ITESSA) realiza un control de calidad de fabricación que comprende un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas y componentes, del proceso de fabricación y del producto final;
- que los métodos de desarrollo del proyecto, fabricación de paneles y puesta en obra están suficientemente contrastado por la práctica, por los resultados obtenidos en los ensayos y por las visitas a obras realizadas.

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

17. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS ⁽²⁵⁾

Las principales Observaciones de la Comisión de Expertos⁽²⁶⁾, 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 produzcan en el edificio a ambas alineaciones.
- Se identificará, a la entrada en la obra, los paneles según sean PR o PN, y almacenarlos en

⁽²⁵⁾ 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:

- a) Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- b) Derechos de comercialización del producto o sistema.
- c) 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.

⁽²⁶⁾ La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- Acciona Infraestructuras.
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- DRAGADOS, S.A.
- Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (ETSEM).
- FCC Construcción, S.A.
- Ferrovial.
- Instituto Técnico de Inspección y Control (INTEINCO).
- Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC, S.A.).
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército «General Marvía» (INTA – MINISDEF).
- Ministerio de la Vivienda.
- QUALIBÉRICA.
- SOCOTEC Iberia.
- Universidad Politécnica de Madrid.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

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

- Es fundamental verificar que los conectores estén soldados a las mallas para garantizar que las secciones están trabajando conjuntamente.
- 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.
- 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 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 retire aislamiento para este fin. En caso de tener que deprimir el EPS puntualmente en alguna zona (como está previsto en el punto 11.2), se vigilará que la pérdida de aislante sea la menor posible.
- En el Libro del Edificio deberá quedar claramente definido qué paneles son portantes (PR) y cuáles son no portantes (PN). En el Libro del Edificio se deberá indicar, además, que para la modificación de cualquier elemento portante (paneles PR), 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.
- Será necesario realizar un estudio específico del comportamiento sísmico cuando proceda.
- Se recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica se incorpore al Libro del Edificio.

Figura 1. Geometría de la onda de EPS de los paneles MK2 (cotas en mm)

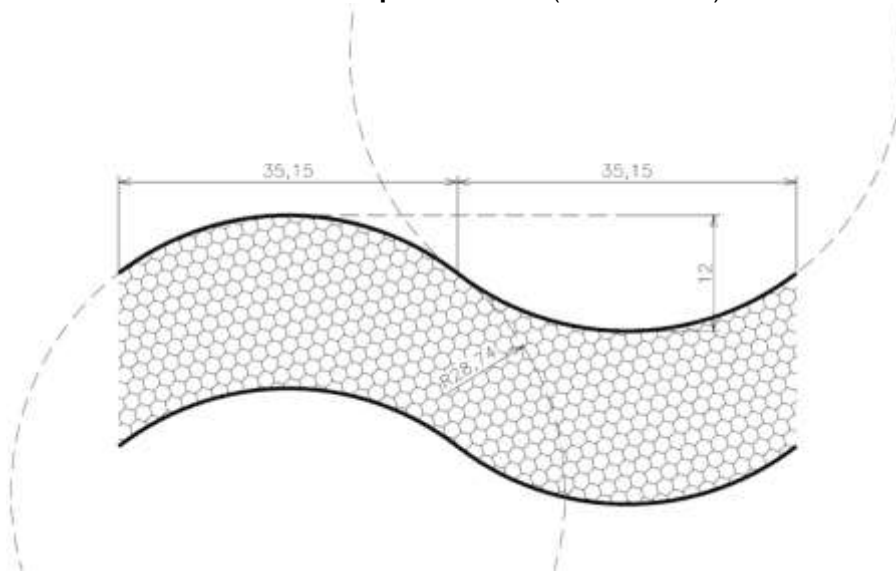
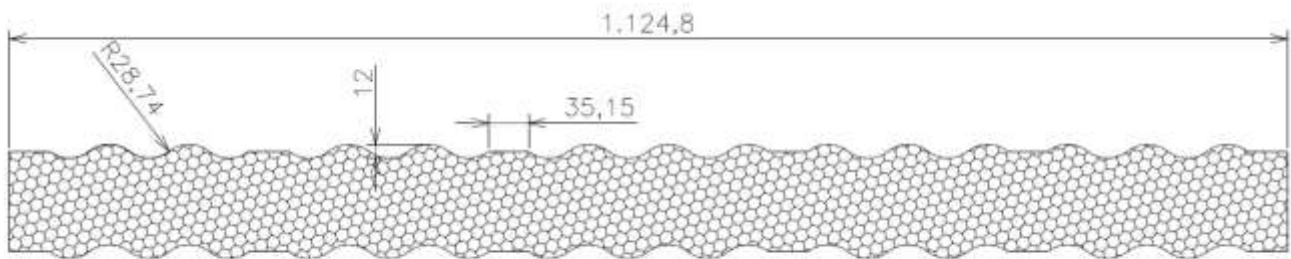
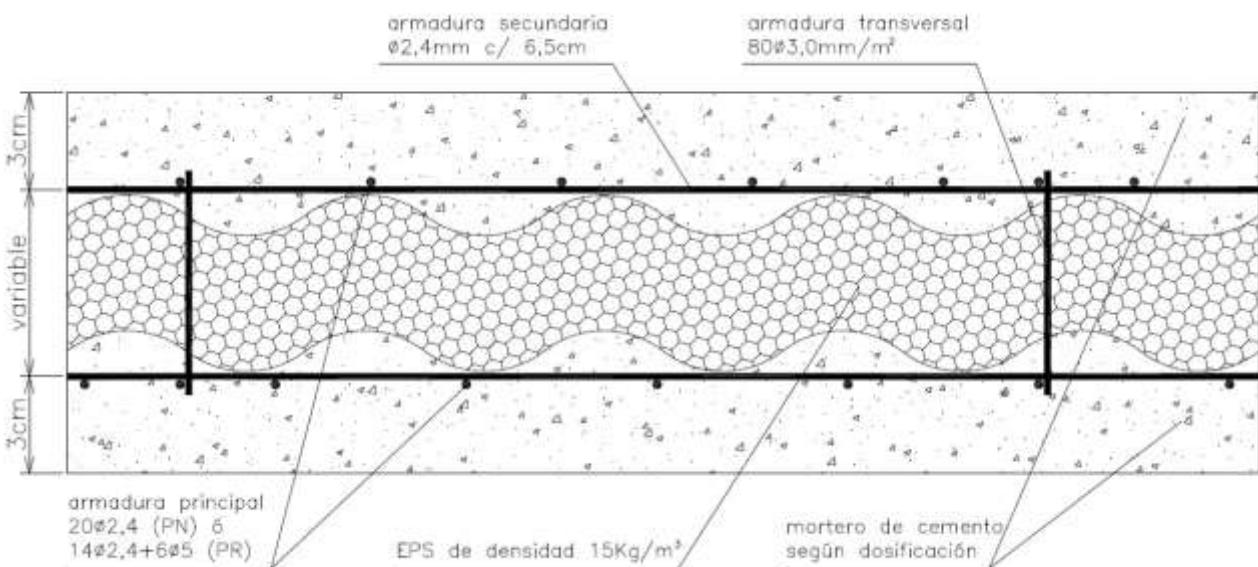


Figura 2. Sección transversal del panel MK2 entero (cotas en mm)



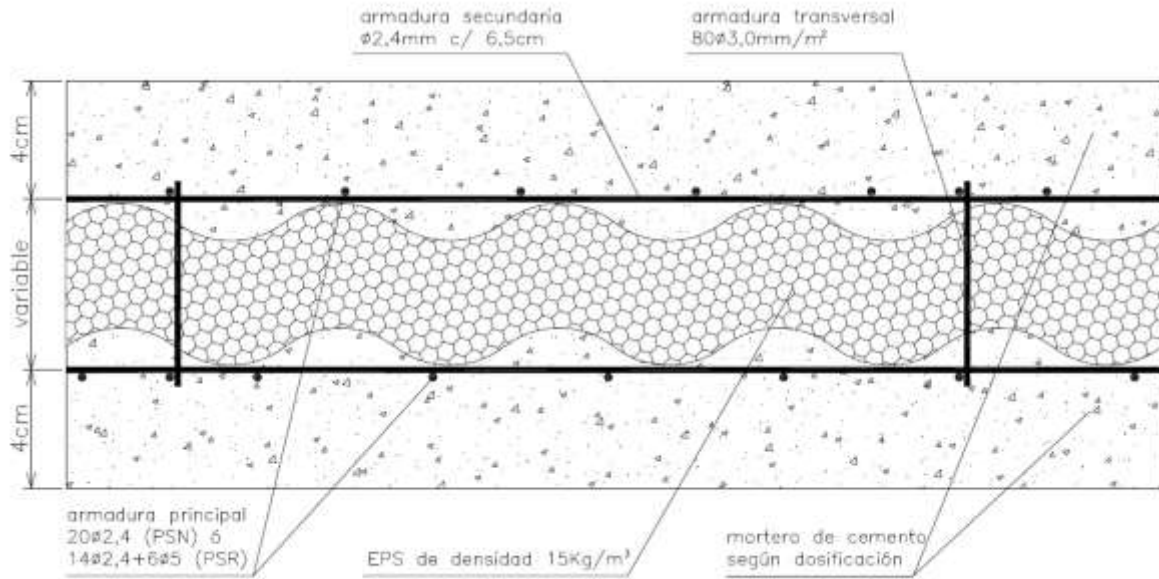
(Cotas en mm.)

Figura 3a. Sección transversal del panel de muro portante (PR) y no portante (PN)



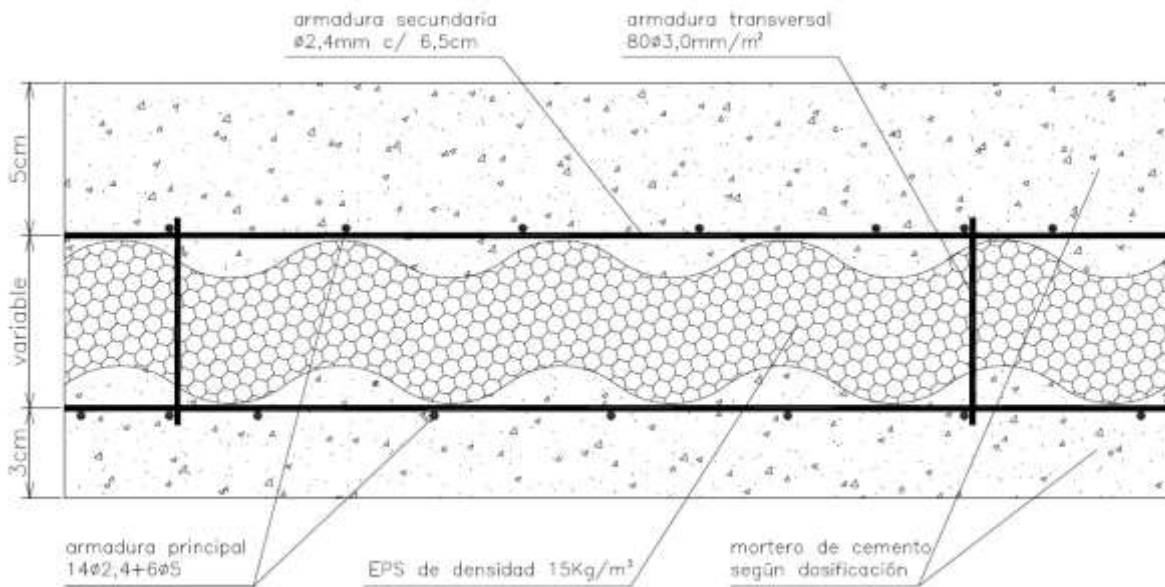
Los recubrimientos se fijarán en función de las exigencias de la EHE

Figura 3b. Sección transversal del panel de muro portante (PR) para 5 y 6 alturas



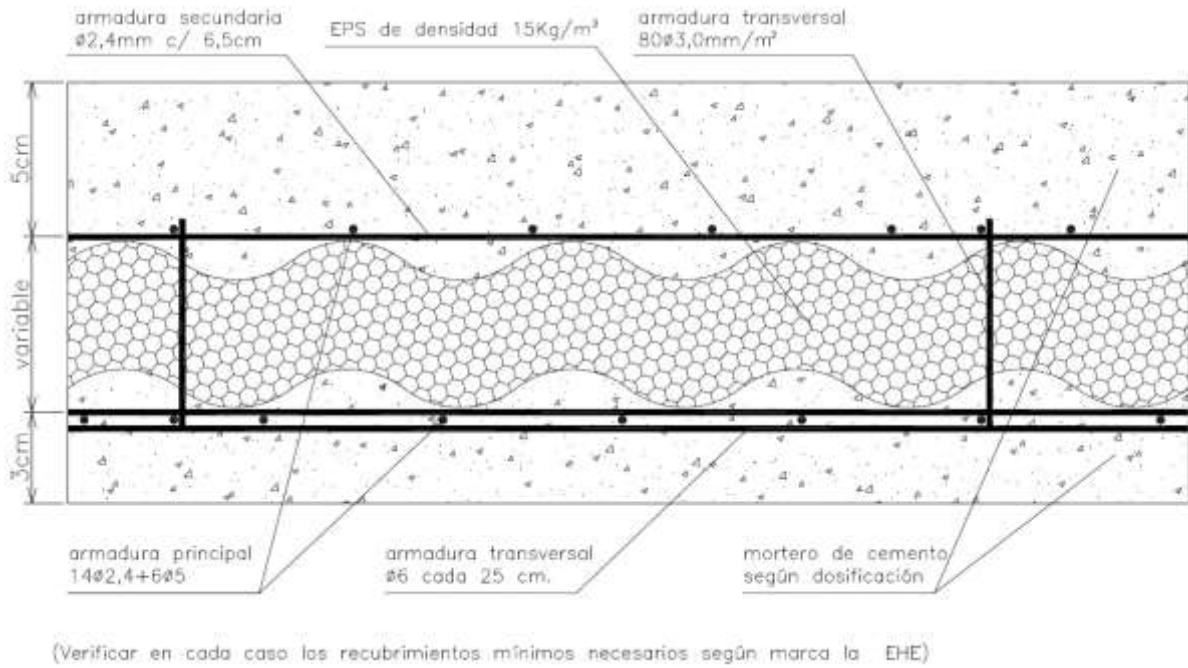
Los recubrimientos se fijarán en función de las exigencias de la EHE

Figura 4a. Panel de forjado PR



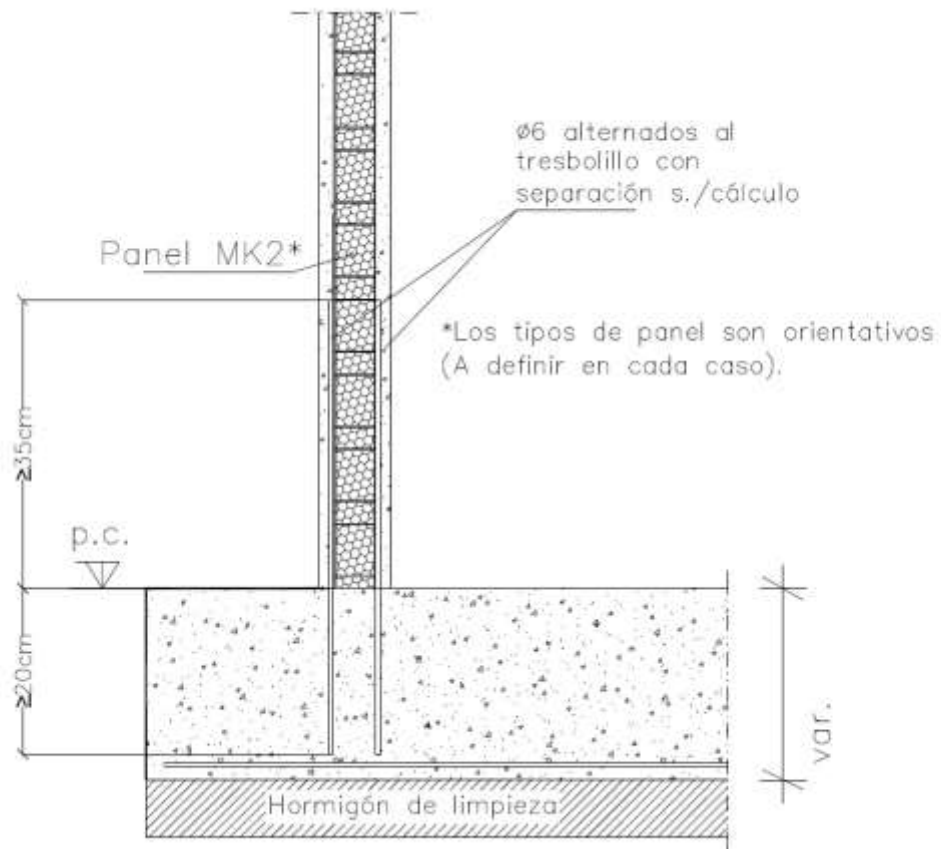
Los recubrimientos se fijarán en función de las exigencias de la EHE

Figura 4b. Panel de forjado bidireccional PR



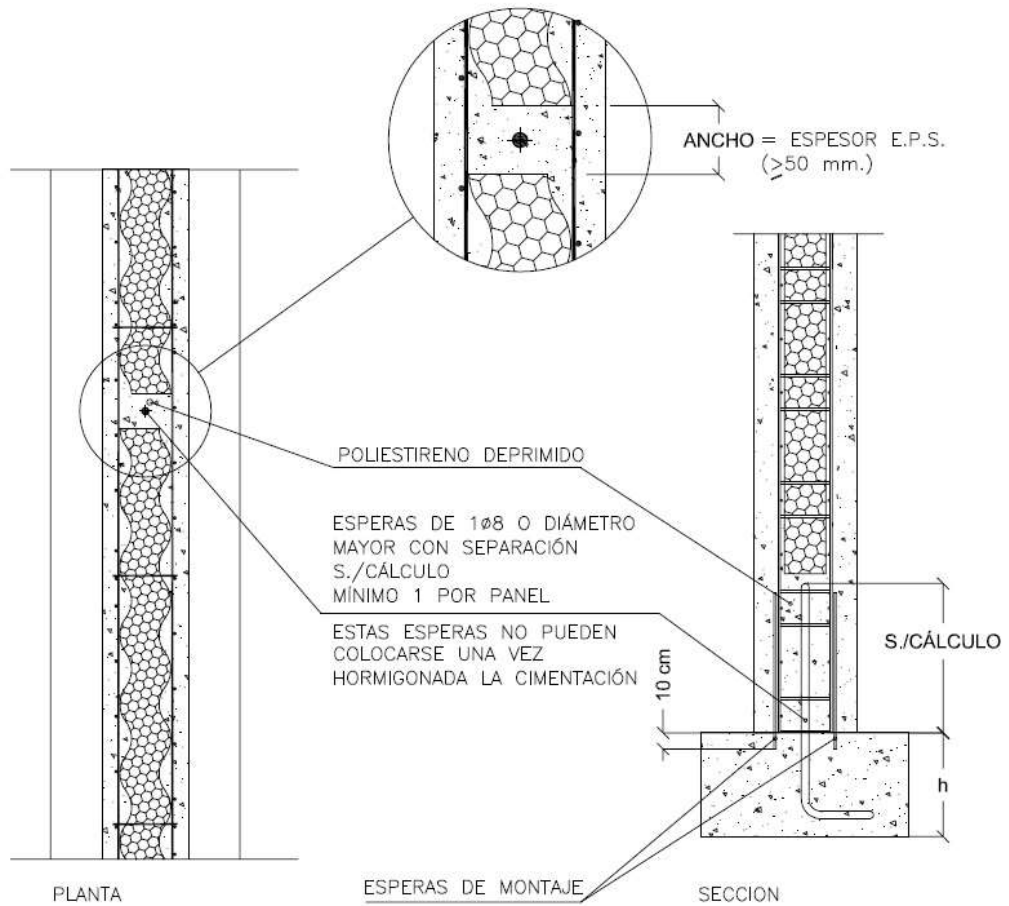
Los recubrimientos se fijarán en función de las exigencias de la EHE

Figura 5a. Detalle de unión de paneles a cimentación



EL TIPO DE PANEL Y LAS DIMENSIONES SON ORIENTATIVAS (A DEFINIR EN CADA CASO)

Figura 5b.. Detalle de unión de paneles a cimentación con armadura única



Figuras 6 y 7. Detalle de unión entre muros y forjados (sección)

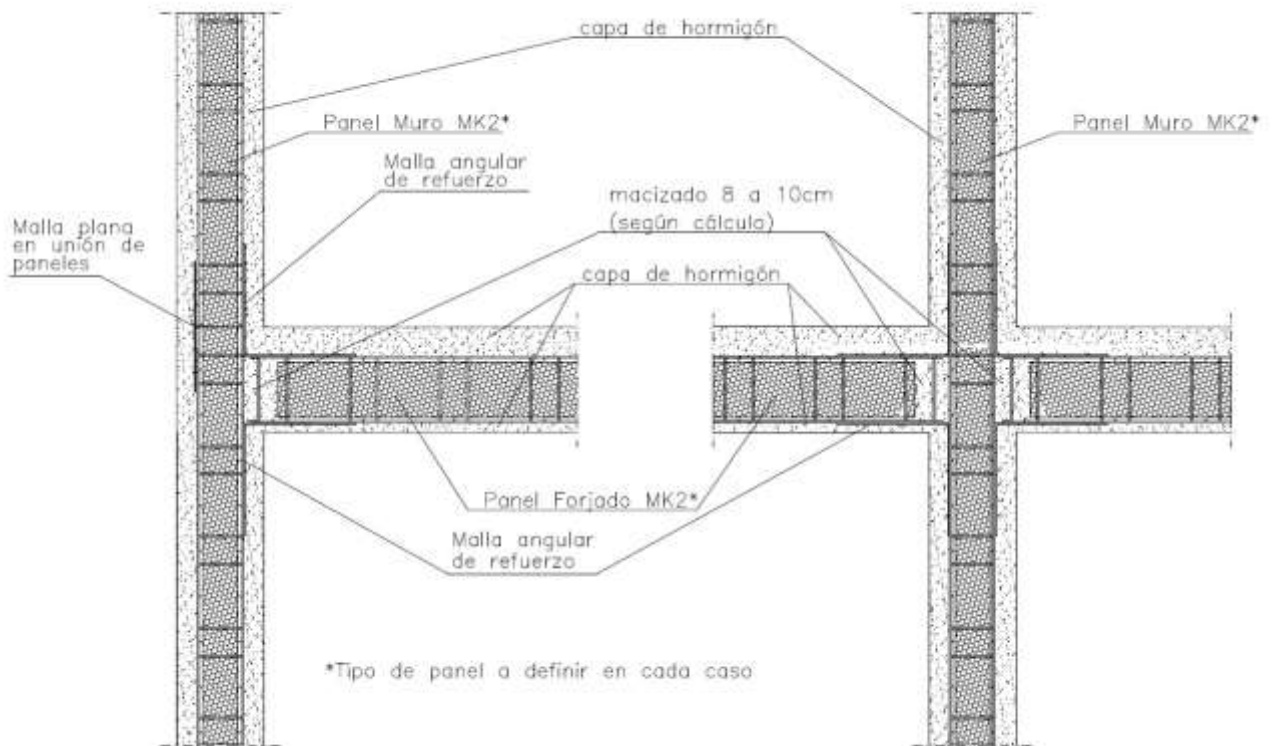


Figura 8. Detalle de unión entre muros (planta)

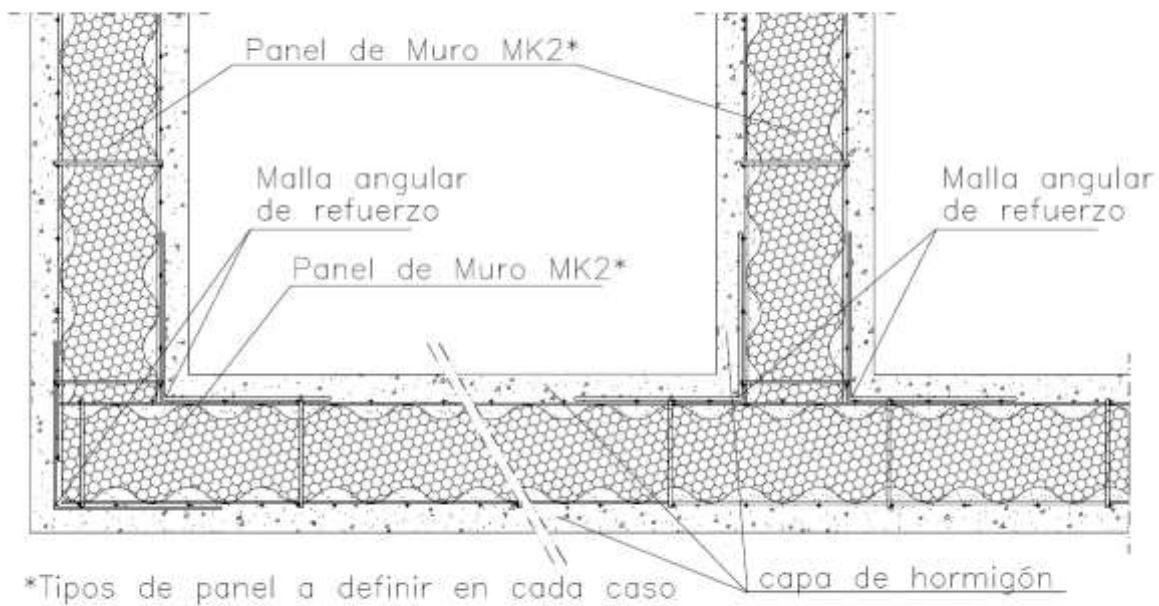


Figura 9. Detalle de unión entre muros y cubierta inclinada (sección)

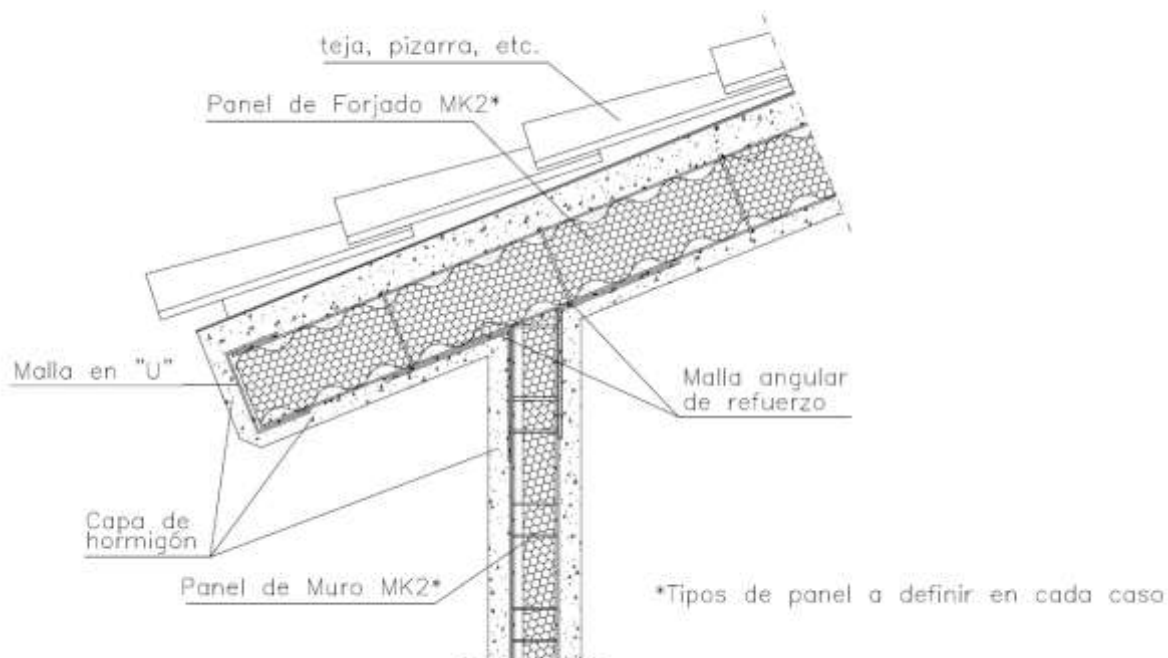


Figura 10. Solución de huecos de puerta o ventana

