



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 406R /21

Área genérica/Uso previsto:	Sistema para forjados ligeros
Nombre comercial:	Sistema FOREL
Beneficiario:	FOREL, sistemas y proyectos, S.L.
Sede social:	C/ Turquesa n.º 15 47012 Valladolid Teléfono: (+34) 983 396 822 e-mail: forel@forel.es www.forel.es
Lugar de fabricación:	C/ Turquesa n.º 15 47012 Valladolid
Validez. Desde:	13 de julio de 2021
Hasta:	13 de julio de 2026 (Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 28 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 AGREMENT 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.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que este 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: 66.948
Sistemas Constructivos
Systèmes de Construction
Building System**

DECISIÓN NÚM. 406R /21

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

- en virtud del Decreto n.º 3 652/1963, 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 1 265/1988, 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 FOREL, sistemas y proyectos S.L., para la RENOVACIÓN del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA n.º 406R/16 al **Sistema FOREL para forjados ligeros**,
- 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, de aquí en adelante IETcc, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, establecida conforme al Reglamento del DIT,

DECIDE

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 406R /16, al **Sistema FOREL para forjados ligeros**, con DIT número 406R /21, 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 evalúa exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el peticionario debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto de edificación y llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente. Será el proyecto de edificación el que contemple en cada caso, las acciones que el Sistema transmite a la estructura general del edificio, asegurando que estas son admisibles.

En cada caso, FOREL, sistemas y proyectos, S.L., proporcionará asistencia técnica suficiente que permita realizar el proyecto técnico del forjado, incluyendo toda la información necesaria de cada uno de los componentes.

CONDICIONES DE CÁLCULO

Los métodos de cálculo y la ejecución de los forjados hechos con este Sistema deben cumplir las exigencias de la vigente «Instrucción de Hormigón Estructural» (EHE) o Código que la sustituya. El Sistema FOREL no forma parte de la sección resistente del forjado.

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 5 del presente Documento.

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA

El **Sistema FOREL para forjados ligeros** evaluado en el presente Documento está previsto para la realización de forjados ligeros unidireccionales o reticulares hormigonados in situ, basado en elementos que actúan como piezas de entrevigado y de encofrado perdido para el hormigonado de los nervios.

El Sistema FOREL no contribuye a la estabilidad de la edificación, ya que no forma parte de la sección resistente del forjado.

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por empresas especializadas y cualificadas, bajo el asesoramiento técnico de FOREL, sistemas y proyectos, S.L. Dichas empresas asegurarán 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. Dichas disposiciones deben formar parte del Plan de Seguridad y Salud de la obra.

VALIDEZ

El presente Documento de Idoneidad Técnica número 406R /21, sustituye y anula el Documento n.º 406R/16 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 Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las obras realizadas.

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 13 de julio de 2026.

Madrid, 13 de julio de 2021



EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA (IETcc-CSIC)

INFORME TÉCNICO

1. OBJETO

Sistema constructivo para la realización de forjados ligeros unidireccionales o reticulares hormigonados in situ, basado en elementos de EPS que actúan como piezas de entrevigado y de encofrado perdido para el hormigonado de los nervios. El sistema está dotado adicionalmente de aislamiento térmico intrínseco.

2. PRINCIPIO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Sistema constructivo basado en un conjunto de casetones que se obtienen por la unión de dos piezas o elementos independientes pero complementarios entre sí, denominados base y sombrerete, fabricados por un proceso de moldeo en poliestireno expandido (EPS). Las bases se disponen sobre un entablado o encofrado continuo, de forma que cada sombrerete se une a cuatro bases adyacentes y cada base, de la misma manera, se une a cuatro sombreretes, asegurando con ello un correcto ensamblado del conjunto en ambas direcciones (figuras 1, 2, 12 y 13). En las zonas macizadas (zunchos, jácenas y ábacos), donde no se permite la colocación de las piezas mencionadas, se dispone una placa plana que permite mantener la uniformidad de la superficie inferior del forjado (figura 3).

Una vez alineados, delimitarán a modo de moldes perdidos un conjunto continuo de canales que constituirán posteriormente los nervios del forjado al verter sobre ellos el hormigón, previa colocación de las armaduras metálicas correspondientes. De esta manera se consigue que elementos aligerantes y aislantes queden incorporados en la estructura del forjado, dotando al mismo de un aislamiento térmico intrínseco adicional.

El Sistema FOREL es un sistema versátil de encofrado para forjados ya que permite elegir entre varias configuraciones con distintos intereses, cantos y anchos de nervio, según las exigencias de cualquier tipo de forjado para la edificación (ver tablas en figuras 4 y 5).

El empleo de materiales ligeros en su fabricación supone una reducción de peso propio frente a los sistemas tradicionales de cerámica y hormigón.

3. MATERIALES Y COMPONENTES

3.1 Materiales

Las piezas que componen el Sistema FOREL están fabricadas en poliestireno expandido (EPS), un material termoplástico obtenido por la polimerización del estireno. El EPS 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, obteniéndose un material acabado con las siguientes características:

- Densidad aparente: 18~22 kg/m³
- Conductividad térmica: 0,034 ~ 0,036 W/m·K
- Tensión de Compresión
al 10 % de deformación (σ_{10}): > 100 kPa
- Resistencia a Flexión (σ_B): > 150 kPa
- Reacción al Fuego: Euroclase E

3.2 Componentes

El Sistema FOREL se compone de tres tipos de piezas: base, sombrerete y placa de la zona maciza. Las dos primeras presentan dimensiones diferentes dependiendo de la configuración elegida del sistema. A continuación, se hace una breve descripción de las mismas:

3.2.1 Base

Se corresponde con la pieza inferior. Sus características geométricas son distintas dependiendo de si el sistema elegido es reticular o unidireccional. Presentan una planta cuadrangular desde la cual emergen en sus vértices formaciones prismáticas que delimitan uno o dos canales respectivamente, que albergarán los nervios del forjado.

La cara inferior presenta una serie de pequeños canales o hendiduras perpendiculares dispuestos en ambas direcciones del plano denominado «moleteado» y cuya misión es la de favorecer el anclaje de los revestimientos que se puedan aplicar. En la misma cara inferior existen además un conjunto de orificios denominados testigos del hormigonado, cuya misión es la de asegurar la correcta ejecución del forjado. Los tipos y dimensiones de las bases que se suministran están definidos en las figuras 4 y 5.

3.2.2 Sombrerete

Se corresponde con la pieza superior. Sus características geométricas son similares a las de la pieza base, dando continuidad a la misma. Se coloca de manera que ancle cuatro piezas base contiguas mediante un sistema machihembrado, cerrándolas por su parte superior y permitiendo que el conjunto quede estanco. En su parte central posee un orificio pasante, cuya finalidad es la de permitir que penetre el hormigón hasta la estructura de la base con el fin de rigidizar más el sistema.

Su forma es también diferente dependiendo si el sistema de forjados es reticular o unidireccional. En este último caso los sombreretes siempre estarán en contacto dos a dos. Los tipos y dimensiones de los sombreretes que se suministran están definidos en las figuras 4 y 5.

3.2.3 Placa de zona maciza

Este tercer tipo de pieza es complementaria a las otras dos y únicamente se emplea en zonas macizadas. Su misión es la de dar continuidad y uniformidad a las propiedades intrínsecas que aporta este material. Cuenta con la misma estructura de moleteado que la pieza base, para

garantizar de esta manera su perfecto anclaje a los medios sobre los que está en contacto. Los tipos y dimensiones que se suministran están definidos en la figura 6.

4. FABRICACIÓN

4.1 Lugar de fabricación

Los componentes del Sistema FOREL para forjados ligeros se realizan en la fábrica de la empresa FOREL, sistemas y proyectos, S.L., en Valladolid.

4.2 Proceso de fabricación

El proceso de transformación de la materia prima (perlas de poliestireno expandible) transcurre fundamentalmente en tres etapas:

- Preexpansión de las perlas:

Entendiéndose como tal el reblandecimiento de las partículas del material por efecto del calor y el subsiguiente hinchamiento de estas debido al agente de expansión incorporado.

- Reposo intermedio:

De las perlas preexpandidas en silos ventilados.

- Expansión y moldeo final:

En esta etapa, después de un nuevo aporte de calor, las perlas sueltas quedan sinterizadas entre sí, formando una estructura poliédrica que adquiere la forma del molde, obteniendo ya su acabado y forma definitivos.

5. CONTROL DE CALIDAD

FOREL, sistemas y proyectos, S.L., en su fábrica de Valladolid, cuenta con un manual de calidad de la fábrica en el que se incluye el plan de autocontrol y las pautas de realización del producto, todo ello dentro del Sistema de Gestión de Calidad certificado conforme a la Norma UNE-EN ISO 9001:2015⁽¹⁾ para la actividad de «Diseño y comercialización de piezas moldeadas en poliestireno expandido».

5.1 Control en la recepción de materia prima

La materia prima se recibe en forma de pequeñas perlas que contienen el agente propulsor o expansor en octabines de 1000~1100 kg, fabricados en cartón y recubiertos interiormente con un film de polietileno. Cada octabín de perla de poliestireno expandible adjunta su certificado de control de calidad por parte de la marca suministradora.

La trazabilidad de la materia prima queda registrada en el documento Control de Recepción de EPS junto con los certificados de proveedor y la documentación de transporte.

⁽¹⁾ UNE-EN ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2015).

5.2 Control de fabricación

5.2.1 Materia preexpandida

Sobre la materia prima preexpandida (primera etapa) se lleva a cabo un control de la densidad mediante el empleo de un sistema de balanzas automáticas. Este control automático de la materia preexpandida se complementa con la pesada aleatoria manual con una balanza en cada proceso de preexpansión, por si pudiera existir algún error no detectado, elaborando para ello un registro de control.

Los controles de esta fase quedan registrados en el Parte de Preexpansión.

5.2.2 Proceso de moldeo

En el Parte de producción quedan registrados los siguientes controles:

- identificación de máquina y molde
- número de referencia de las piezas
- horas de inicio y fin de moldeo
- número y tiempo de ciclos.

5.3 Control de producto final

Una vez finalizada la última etapa del proceso, se obtienen ya las piezas moldeadas de EPS. Estas, después de un tiempo de reposo en el cual se eliminan las contracciones residuales y el agua que pudiera quedar condensada, son sometidas a un control dimensional. En el autocontrol del producto final se siguen las directrices que marca la norma UNE 53974:2011⁽²⁾.

Se lleva a cabo el siguiente control dimensional sobre el producto acabado, con frecuencia diaria:

- Largo de base y sombrerete
- Anchura de base y sombrerete
- Altura de base y sombrerete
- Anchura aislamiento bajo nervio
- Espesor del aislamiento bajo nervio

Las tolerancias dimensionales se encuentran recogidas en las figuras 4, 5 y 6.

Asimismo, se realizan los siguientes controles:

- *Montabilidad* de piezas, con frecuencia de ensayo de 1 por turno.
- Peso final de la pieza con frecuencia diaria y una tolerancia 5 ~ 25 %
- Resistencia mecánica a flexión y punzonamiento de la pieza, con frecuencia semanal, con los resultados esperados que se muestran en el punto 3.1 del presente informe técnico para la resistencia a flexión y un valor

⁽²⁾ UNE 53974:2011. Plásticos. Elementos aligerantes de poliestireno expandido (EPS) para forjados con nervios hormigonados en obra.

mínimo de 1500 N en el ensayo de punzonamiento.

Estos controles al producto final quedan registrados en la Hoja de Inspección de Producto.

6. FORMA DE PRESENTACIÓN Y SUMINISTRO

La forma de presentación de los elementos que constituyen el Sistema FOREL, es decir, las bases y los sombreretes, es mediante paquetes con un número de piezas que depende de las dimensiones de las mismas. En general, no se requieren condiciones especiales de embalaje, el producto final se embala únicamente mediante cinta adhesiva que afianza los paquetes de piezas.

El procedimiento es el siguiente:

- Los sombreretes se colocan enfrentando su parte inferior, distribuyéndolos por parejas y encintando el conjunto.
- Para las bases, la primera pieza y la penúltima irán boca abajo, la segunda y última boca arriba, y el resto de piezas hasta completar el número de unidades por paquete se colocarán boca abajo. Una vez colocadas las piezas se pasará longitudinalmente cinta adhesiva agarrando suficientemente el paquete. La identificación de los productos se lleva a cabo mediante el etiquetado de los mismos en un lugar visible con la siguiente información:
- Marca comercial.
- Identificación del fabricante.
- Medidas nominales de la pieza.
- Tipo y referencia de la pieza.
- Código del lote que permita su trazabilidad.
- Logotipo y número de DIT.

7. CONDICIONES DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de las piezas terminadas y embaladas se lleva a cabo transportando las mismas en carros especiales desde la zona de producción o zona de máquinas hasta su ubicación en la zona de producto terminado a la espera de su transporte final.

El transporte de los productos FOREL se lleva a cabo preferiblemente en camiones articulados cerrados. En caso contrario será necesario atar la mercancía con una red. Por lo demás, no se exige ningún tipo de condición previa adicional, únicamente las mínimas condiciones de limpieza e higiene habituales.

Una vez en obra, se almacenarán las piezas en lugar controlado y alejado de cualquier otro material que pudiera impactar sobre las piezas y romperlas. Se protegerán del viento ya que, debido a su ligereza, pueden desplazarse e impactar con cualquier objeto de los alrededores. No deben

tenerse las piezas expuestas de forma prolongada a la radiación solar ya que podrían alterarse su capacidad resistente y sus dimensiones, dificultando con ello el montaje. En todo caso, antes del montaje, se verificará que no existe deterioro visible en el material.

8. PUESTA EN OBRA

El Sistema FOREL, como cualquier forjado hormigonado in situ, al no ser un sistema autoportante, necesita encofrado continuo.

8.1 Colocación de las piezas

Una vez replanteadas las zonas macizadas (zunchos, jácenas y ábacos) y sobre el encofrado organizado al efecto, se colocan las bases adosándolas entre sí longitudinal y transversalmente. Posteriormente se insertan los sombreretes sirviendo éstos para enlazar y alinear las bases. De este modo, cada sombrerete queda insertado en cuatro bases y cada base en cuatro sombreretes, conformando un sistema continuo y ensamblado en ambas direcciones (figura 8 y 9).

Es recomendable comenzar el replanteo en puntos coincidentes con piezas enteras, mitades o cuartos, para facilitar dicha operación. El diseño de las bases y sombreretes impide errores de montaje al ser el sistema autoalineante. En las zonas macizadas se coloca la placa, permitiendo mantener la uniformidad de todo el conjunto.

Si en el proyecto está previsto el uso de anclajes especiales FOREFIX para la ejecución de los falsos techos, deben colocarse en este momento, antes de pasar a la siguiente fase (ver figura 17).

8.2 Armado y hormigonado

Organizada la disposición de las piezas, se lleva a cabo la colocación de la ferralla que configura las armaduras positivas y negativas, así como las armaduras de reparto. Resulta de especial importancia en esta fase la colocación de separadores adecuados para el apoyo del armado, con el fin de asegurar el correcto recubrimiento de este, siguiendo la normativa vigente (EHE-08).

FOREL, sistemas y proyectos, S.L. dispone de una gama específica de separadores y distanciadores de armaduras metálicas que puede ser empleado junto con el Sistema para garantizar el correcto recubrimiento de las mismas durante el proceso de hormigonado del forjado (ver figuras 10 y 11).

Según la zona donde vayan ubicados, los separadores se dividen en: separadores de zona maciza y de nervio.

- Separador de zona maciza: fabricado en hormigón o mortero resistente, para las armaduras más pesadas en vigas, ábacos y demás zonas macizadas.
- Separador de nervios: fabricado en acero, para las armaduras positivas que constituyen los nervios del forjado.

Posteriormente se procede al hormigonado de todo el conjunto, el cual se realiza sin aplicar riego previo, dado el carácter hidrófugo del poliestireno expandido. Las propiedades mecánicas de las piezas conformadas y montadas disminuyen las roturas durante el hormigonado y, por tanto, las mermas de hormigón por filtración. Los consumos de hormigón medios para cada configuración, así como los pesos propios se recogen en la figura 7.

El diseño geométrico del sistema permite, a su vez, que el hormigón penetre a través de un orificio existente en los sombreretes y a través de la unión de cada cuatro bases, formándose en la parte inferior un pequeño tronco piramidal invertido que inmoviliza totalmente las piezas.

Se recomienda utilizar hormigón de consistencia blanda y tamaño de árido de 16 mm y no mayor de 18 mm con el fin de favorecer el completo llenado. En este sentido es muy importante realizar un correcto vibrado del hormigón. El buen vibrado puede comprobarse, una vez desencofrado, observando los orificios que existen a lo largo de los nervios. El aprovechamiento del hormigón vertido es máximo, ya que la propia continuidad del sistema impide pérdidas de hormigón (por ejemplo, entre las zonas macizas y las aligeradas).

Transcurridas 72 horas, se podrá recuperar, con el visto bueno de la Dirección Facultativa, la totalidad de tableros al no utilizar desencofrantes (no existe contacto entre hormigón y enablado, lo que aumenta la vida útil de este) y gran parte de puntales y sopandas, respetando el apeo residual preciso en base a las directrices de la Dirección Facultativa o durante los días que obliga la norma.

Cuando la superficie de la planta del forjado es grande, se recomienda colocar las piezas y hormigonar por partes.

9. REVESTIMIENTOS

9.1 Revestimientos de yeso

La parte inferior de las bases y la placa presentan por un lado una serie de pequeños canales perpendiculares dispuestos en ambas direcciones del plano denominado moleteado y, por otro lado, una serie de orificios por donde asoma el hormigón, justamente en la zona de los nervios y en la confluencia de cada cuatro bases cuya finalidad es la de obtener una perfecta adherencia del yeso.

Debido a las especiales características de los soportes de poliestireno expandido, el yeso tiene un comportamiento sobre ellos ligeramente distinto al comportamiento sobre soportes tradicionales. Estas diferencias se deben principalmente a la menor capacidad para absorber el agua y a la diferencia del coeficiente de dilatación térmica del poliestireno expandido respecto a los materiales usuales. Por ello, para un correcto comportamiento de los revestimientos de yeso en techos de forjados FOREL, es necesario cuidar los siguientes aspectos:

- Son recomendables yesos con una resistencia a la flexotracción alta y sin una dureza excesiva (45~70 Ud Shore C).
- Si se emplean yesos manuales, se utilizarán yesos de fraguado controlado que cumplan el pliego de recepción (RY).
- El yeso debe utilizarse *a saturación* o *al vivo*, no escatimando la cantidad de yeso necesaria y realizando solo una ligera agitación para homogeneizar la pasta y evitar grumos. En ningún caso se debe rebatir el yeso ni aplicarse una vez esté avanzado en su fraguado en la pastera.
- Si se emplean yesos de proyección mecánica, se utilizarán yesos aligerados (YPM/A) tipo PROYALBIPLUS ARAGÓN de CALCINOR o similar.
- Es recomendable tirar el yeso algo espeso, dado el carácter no absorbente del poliestireno.
- No aplicar con temperaturas inferiores a 5 °C ni superiores a 35 °C o cuando se prevea dicha situación en las 24 horas siguientes a la aplicación del revestimiento.
- El espesor del guarnecido recomendado en ambos casos es de 1,2 a 1,5 cm. Se recomienda la práctica frecuente de testigos para garantizar el control del espesor.
- En caso de realizar el revestimiento en dos tendidos, estos deben ser consecutivos, rayando con una llana dentada el primero de ellos y evitando por una parte que se seque este último para obtener una buena adherencia entre las dos capas, así como para evitar el fenómeno de la «doble capa».
- Es necesario un correcto empotramiento de las instalaciones con el objetivo de mantener el espesor de la capa y no crear puntos débiles que pudieran ser origen de microfisuras.
- Para realizar la introducción de cables por las conducciones empotradas en las piezas de poliestireno o la fijación de lámparas hay que asegurarse que el secado esté muy avanzado.
- No deben realizarse trabajos que impliquen un aporte de agua a la capa de yeso mientras esté fraguando, como solados en la parte superior del forjado.
- Debe existir una ventilación adecuada, con el fin de que el secado no sea ni demasiado lento ni demasiado rápido y evitar el secado forzado con ventiladores de aire caliente.
- Asimismo, es aconsejable, si es posible, aplicar el yeso una vez cerradas las ventanas, con el fin de favorecer un fraguado controlado y evitar saltos térmicos elevados que originen deformaciones de origen térmico que se traduzcan en tensiones en la superficie de yeso.

Para los techos de garajes y otros sótanos se recomienda la aplicación de una carga de yeso proyectado al que simplemente se le hace pasar una regla dentada para dar un acabado rayado.

9.2 Revestimientos de mortero

Para el revestimiento de los techos en voladizos, soportales y demás zonas exteriores, se empleará alguna de las siguientes soluciones:

- Mortero de revestimiento y agarre de los SISTEMAS SATE tipo COTETERM de SIKA o similar con malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis, con espesor de 4 mm + capa de acabado siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- Mortero convencional (3:1) al que se le añade un ligante elástico tipo SikaLatex o similar con una malla de fibra de vidrio embebida resistente a los álcalis de 10 x 10 mm como elemento minimizador de tensiones y para evitar la aparición de fisuras.

Ambas soluciones no deberán aplicarse con temperaturas inferiores a 5 °C ni superiores a 35 °C, ni cuando se prevea dicha situación en las 24 horas siguientes a la aplicación del revestimiento.

10. TABIQUERÍAS Y FALSOS TECHOS

10.1 Tabiquerías húmedas

La ejecución de tabiquerías húmedas se realizará de la forma habitual, retacando con yeso la parte superior del tabique en contacto con las piezas de poliestireno del forjado. En divisiones que afecten a sectores de incendio será necesario eliminar la placa de poliestireno antes de retacar.

10.2 Tabiquerías secas de PYL

La ejecución de tabiquerías secas basadas en placas de yeso laminado (PYL) y estructura metálica se llevará a cabo de la forma ordinaria, teniendo en cuenta que el anclaje de la canal superior de la estructura metálica se hará preferentemente a los nervios del forjado.

Cuando no ocurra esto se emplearán tacos FISCHER FID 50 para fijar la canal superior a la zona aligerada (figura 16).

10.3 Falsos techos de escayola

A la hora de colocar falsos techos de escayola, se aplicarán los pegotes que fijarán los tirantes en puntos donde previamente se ha hecho una pequeña cavidad, golpeando sobre el poliestireno. La sujeción de la placa de escayola se realizará de la forma acostumbrada una vez colocados los tirantes.

10.4 Falsos techos de PYL

Para ejecutar falsos techos de PYL las bases del sistema FOREL disponen en su parte inferior de unos orificios coincidentes con los testigos de

hormigonado, preparados para albergar unos anclajes especiales (ver figura 17).

Estos anclajes, colocados previamente al proceso de hormigonado, permiten la sujeción de la subestructura de perfiles metálicos que soporta las placas del techo. La modulación entre perfiles empleada con este sistema es de 40 cm y la distancia entre anclajes que soportan el mismo carril metálico será de 70 cm en el sistema unidireccional y de 80 cm en el sistema reticular.

Los perfiles metálicos que reciben las placas se colocarán siempre perpendiculares a los nervios del forjado.

Como alternativa, existe la posibilidad de realizar la instalación de la forma habitual, soportando la subestructura metálica mediante la colocación de tacos específicos para hormigón fijados a los nervios.

11. INSTALACIONES

11.1 Instalaciones eléctricas

El hecho de disponer de una placa continua (también bajo nervios y zonas macizas) de 3 cm de espesor de poliestireno permite realizar rozas en cualquier dirección.

Es importante que los tubos queden bien empotrados con el fin de no debilitar la capa de yeso y no crear puntos débiles que pudieran ser origen de microfisuras.

11.2 Instalaciones descolgadas

Las instalaciones de diámetro mayor de 3 cm se colgarán mediante soportes sujetos a los nervios y demás zonas macizas. Las partes macizas se distinguen con claridad a simple vista, a través de los testigos de hormigonado.

11.3 Colocación de lámparas empotrables

La instalación de lámparas empotrables en falsos techos se realiza de la forma habitual.

La colocación de lámparas empotrables se realizará por escayolistas o personal especializado. Se recomienda prever su colocación antes del enlucido del techo ya que, si se realiza posteriormente, puede afectar a su comportamiento.

Se aconseja el empleo de embellecedores ranurados y transformadores de baja reactancia con el fin de evitar la acumulación de calor.

11.4 Anclajes en techos

La colocación de anclajes en techos para la sujeción de cargas contempla dos posibilidades (ver figuras 14 y 15). La primera es que el punto de fijación del anclaje coincida con la zona aligerada y la segunda es que coincida con la zona maciza o nervios.

Para saber si un punto coincide con zona aligerada o maciza basta dar un ligero golpe sobre el

revestimiento de yeso y escuchar el sonido a hueco.

Para anclajes a los techos en zona aligerada se recomienda el empleo de dos tipos de anclajes disponibles en el mercado (ver figura 15):

- Taco de plástico modelo FID 50 de la marca FISCHER o similar. Su colocación se lleva a cabo practicando sobre el enlucido un agujero de unos 10 ~ 12 mm e introduciendo posteriormente el taco con la ayuda de una llave con cabeza Torx al cizallar con su amplia rosca el enlucido y la capa de 3 cm de poliestireno en zona aligerada. Posteriormente se inserta un tornillo M5 tipo gancho de longitud 30 mm.
- Taco metálico modelo HHD-S de la marca HILTI o similar. Su colocación se lleva a cabo realizando un orificio en el enlucido del diámetro del taco. Posteriormente se introduce el taco hasta que haga tope y, con ayuda del útil HHD-S, se tira del tornillo hacia fuera, provocando la expansión del taco en el interior. Esta operación se repetirá hasta asegurarse de que el taco queda perfectamente fijado.

Ambos tipos de anclajes soportan cargas estáticas de hasta 150 N.

Si el punto donde se quiere colocar el anclaje coincide con un nervio o zona maciza (zuncho, jácena o ábaco), se utilizaría simplemente una broca y taco específicos para hormigón, cuidando que la longitud de esta salve los 3 cm de poliestireno. Con respecto a las condiciones de instalación (por ejemplo, distancia al borde del nervio o de la zona macizada) de estos anclajes, se estará a lo que establezca su ficha técnica.

Alternativamente, existe la posibilidad por parte del constructor de dejar preparados anclajes en el centro de cada habitación antes de poner el suelo y dar el yeso. Consiste en taladrar con broca suficientemente larga la capa de compresión y el casetón, asegurándose que coincide con zona hueca, e introducir una ligera cadena de eslabones con un pasador superior. En caso de que después el usuario no necesite el anclaje, se puede esconder la cadena por el agujero. Esta solución es muy aconsejable, pues con un coste y trabajo mínimo se evita al usuario la colocación de la mayoría de ganchos por su parte.

12. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

El Sistema FOREL para forjados ligeros se fabrica y comercializa en España desde el año 1986, según indica el fabricante con más de 33 millones de metros cuadrados instalados en España y Portugal.

El fabricante aporta como referencias realizadas con el Sistema FOREL las siguientes obras:

- Aparthotel en Playa Samil en Vigo. 25 000 m² (1999).
- Hospital Infanta Leonor en Madrid. 48 000 m² (2007).
- Centro educativo Fraga III en Av. Camino de Santiago, Fraga (Huesca). 2000 m² (2015).
- Centro de Tecnologías Avanzadas (ANFACO), Campus Universitario de Vigo (Pontevedra). 7200 m² (2015).
- 32 viviendas San Agustín, Salamanca. 3500 m² (2017).
- Edificios residenciales de 85+86 viviendas en Tres Cantos (Madrid). 30 000 m² (2017).
- 51 viviendas Riverside Homes, Madrid. 8600 m² (2018).
- Edificio residencial 48 viviendas en Puerto Real, Cádiz. 9800 m² (2018).
- 24 viviendas unifamiliares en «La Finca» de Marbella, Málaga. 3890 m² (2018).
- «Torre Zaragoza» en Zaragoza. 45 000 m² (2020).
- Residencial Suncrest, Almería. 18 900 m² (2020).

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

13. MEMORIA DE CÁLCULO ACÚSTICO

Tal y como se indica en el CTE-DB-HR, relativo a Protección frente al ruido, la justificación del cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionamiento del aislamiento acústico a ruido aéreo y del aislamiento acústico a ruido de impactos de los recintos de los edificios, recogidas en dicho Documento Básico, se puede realizar mediante la opción general.

La opción general consiste en un procedimiento de cálculo recogido en las normas UNE-EN ISO 12354-1:2018, UNE-EN ISO 12354-2:2018 y UNE-EN ISO 12354-3:2018⁽³⁾. El fabricante dispone, a través de su departamento técnico, de un programa de cálculo basado en dicha norma que permite la comprobación de distintas soluciones constructivas en función de los parámetros del edificio concreto.

En la tabla de la figura 19 se recogen, a título orientativo, algunas soluciones constructivas evaluadas por medio de dicho programa de cálculo.

El fabricante podrá proporcionar los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impacto que proporciona el Sistema FOREL conjuntamente con las soluciones constructivas concretas proyectadas en el edificio.

⁽³⁾ UNE-EN ISO 12354:2018. Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos.
Parte 1: Aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos. (ISO 12354-1:2017).

Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos. (ISO 12354-2:2017).

Parte 3: Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior. (ISO 12354-3:2017).

14. ENSAYOS

Los siguientes ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) (Informe n.º 18 047), de acuerdo con la norma UNE 53974⁽⁴⁾, y otra parte de los ensayos han sido aportados por FOREL, sistemas y proyectos S.L. y realizados en otros laboratorios.

14.1 Ensayos a los elementos de poliestireno expandido

14.1.1 Características dimensionales

Ensayos realizados a cinco piezas de cada uno de los elementos que componen los sistemas unidireccional y reticular, siendo los valores obtenidos conformes a la norma UNE 53974⁽⁴⁾ y a lo definido por el fabricante en el Informe Técnico.

14.1.2 Densidad aparente

Ensayo realizado según UNE-EN 1602⁽⁵⁾ a cinco probetas, obteniéndose como valor medio:

$$d = 19,65 \text{ kg/m}^3$$

14.1.3 Absorción de agua

$$W = 15,89 \% \text{ en contenido en peso.}$$

14.1.4 Resistencia a compresión

Ensayo realizado según norma UNE-EN 826⁽⁶⁾ al 10 % de deformación, obteniéndose un valor medio de:

$$\sigma_m = 120 \text{ kPa}$$

14.1.5 Resistencia a flexión

Ensayo realizado según norma UNE-EN 12089⁽⁷⁾, método B. Las dimensiones de las probetas han sido: 250 x 150 x 30 cm, obteniéndose el valor medio de:

$$\sigma = 258 \text{ kPa}$$

14.1.6 Resistencia al punzonamiento o cizalladura - flexión

Ensayo realizado por CEIS con número de informe LAT0159/2008 y fecha 11 de diciembre de 2008, conforme a la norma UNE 53976:1998⁽⁴⁾.

De acuerdo con la EHE-08, artículo 36, las piezas de entrevigado aligerantes deben tener un valor de rotura a flexión superior a 1 kN.

La carga media de rotura a punzonamiento-cizalladura-flexión, para los distintos tipos de bovedillas ensayadas, fue de 2,4 kN.

14.1.7 Coeficiente de conductividad térmica

Ensayo realizado en el laboratorio Leical de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid, con número de informe RG:PGC11-6-4 de acuerdo con la norma UNE 92202:1989⁽⁸⁾ al material de poliestireno expandido, obteniéndose un valor de:

$$\lambda = 0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

14.1.8 Reacción al fuego

Ensayo realizado por CIDEMCO con número de informe 23240-1 y fecha 17 de noviembre de 2009, conforme a la norma UNE-EN ISO 11925-2:2002⁽⁹⁾, sobre tres muestras de poliestireno expandido obtenidas de la mecanización de las bovedillas.

La clasificación de reacción al fuego obtenida según UNE-EN 13501-1⁽¹⁰⁾ y reflejada en el informe n.º 23240-2 es:

Euroclase E.

14.2 Ensayos de aptitud de empleo del Sistema

14.2.1 Comportamiento mecánico

Ensayo realizado en el Instituto Técnico de la Construcción, S.A., en Alicante, con número A-00509/EXV. Ensayo consistente en la realización de dos forjados reticulares in situ.

Se verificó que la puesta en obra de la armadura de acero y el hormigón con su vibrado se realizó sin problemas específicos.

Se verifica que el comportamiento mecánico de ambos forjados, en el que las piezas del Sistema FOREL han actuado, ha sido conforme con las previsiones del modelo de cálculo.

14.2.2 Reacción al fuego del forjado en condición final de uso

Ensayo realizado por *Tecnalia* con número de informe 081367-1 (M1) y fecha 3 de febrero de 2020, conforme a las normas EN

⁽⁴⁾ UNE 53974:1998. Plásticos. Casetones o elementos de poliestireno expandido (EPS) para forjados reticulares. (Actualmente sustituida por UNE 53974:2011. Plásticos. Elementos aligerantes de poliestireno expandido (EPS) para forjados con nervios hormigonados en obra).

⁽⁵⁾ UNE-EN 1602:1997. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la densidad aparente. (Actualmente sustituida por UNE-EN 1602:2013).

⁽⁶⁾ UNE-EN 826:1996. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento a compresión. (Actualmente sustituida por UNE-EN 826:2013).

⁽⁷⁾ UNE-EN 12089:1997. Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento a flexión. (Actualmente sustituida por UNE-EN 12089:2013).

⁽⁸⁾ UNE 92202:1989. Materiales aislantes térmicos. Determinación de la conductividad térmica. Técnica del medidor de flujo de calor. (Actualmente sustituida por UNE-EN 12667:2002).

⁽⁹⁾ UNE-EN ISO 11925-2:2002. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única.

⁽¹⁰⁾ UNE-EN 13501-1. 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.

13823:2010+A1:2014⁽¹¹⁾ y EN ISO 11925-2:2010/AC:2011⁽¹²⁾, sobre una base BU7012-12 y sombrerete SU58-10, un enlucido de yeso de 12 mm y una capa de hormigón armado de densidad 2500 kg/m³. El espesor total de la muestra fue 160 mm.

La clasificación de reacción al fuego obtenida según UNE-EN 13501-1:2019⁽¹³⁾ se recoge en el informe 081367-2 (M1) y es:

B-s1,d0,

clasificación válida para forjados aplicados sobre sustratos de clasificación de reacción al fuego con clasificación de reacción al fuego A2-s1,d0 o superior; para EPS con una densidad de 20 kg/m³ y espesor de aislamiento mínimo bajo nervio de 30 mm; con una relación de aporte en peso de EPS al sistema de forjado de 3 % o menor.

14.2.3 Resistencia al fuego

a) Forjado Unidireccional

Ensayo realizado por *Tecnalia* con número de informe 15-08757-2 y fecha 4 de junio de 2015, conforme a las normas UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010⁽¹⁴⁾ y UNE-EN 1365-2:2000⁽¹⁵⁾, sobre un forjado unidireccional con la técnica de encofrado perdido, con casetones moldeados de poliestireno expandido de 58 cm de anchura; intereje del forjado de 70 cm con canto estructural de 27 cm (22 + 5 de capa de compresión) + 5 cm de capa de nivelación y aislamiento de 3 cm de poliestireno expandido en la parte inferior; ancho de nervio de 12 cm.

La superficie expuesta fue de 4,0 m x 2,9 m. Además de su peso propio se le aplicó una sobrecarga superficial uniformemente repartida de 3,9 kN/m².

La clasificación de resistencia al fuego obtenida según UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010⁽¹⁴⁾ fue:

REI 120.

b) Forjado Reticular

Ensayo realizado por *Tecnalia* con número de informe 15-08756-2 y fecha 4 de junio de 2015,

conforme a las normas UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010⁽¹⁴⁾ y UNE-EN 1365-2:2000⁽¹⁵⁾, sobre un forjado reticular con la técnica de encofrado perdido, con casetones moldeados de poliestireno expandido de 68 x 68 cm; intereje del forjado de 80 x 80 cm con canto estructural de 30 cm (25 + 5 de capa de compresión) + 5 cm de capa de nivelación y aislamiento de 3 cm de poliestireno expandido en la parte inferior; ancho de nervio de 12 cm.

La superficie expuesta fue de 4,0 m x 3,0 m. Además de su peso propio se le aplicó una sobrecarga superficial uniformemente repartida de 4,5 kN/m².

La clasificación de resistencia al fuego obtenida según UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010⁽¹⁴⁾ fue:

REI 180.

14.2.4 Aislamiento acústico

A. Forjado unidireccional

A.1) Forjado unidireccional sin suelo flotante

Ensayo realizado por Labein-Tecnalia con número de informe B0158-IN-CT-U y fecha mayo de 2007, conforme a las normas UNE-EN ISO 140-3:1995⁽¹⁶⁾ y UNE-EN ISO 140-6:1999⁽¹⁷⁾, sobre un forjado unidireccional de intereje 70 cm y nervio de 12 cm realizado con las piezas del Sistema FOREL.

La sección en planta del forjado era de 4,2 m x 3,3 m con un canto de 25 + 5 cm, consistente de:

- 5 cm de capa de compresión;
- 25 cm de nervio;
- 3 cm de capa de EPS;
- 1,5 cm de guarnecido de yeso.

Se realizaron dos ensayos, uno de aislamiento acústico a ruido aéreo y uno de aislamiento acústico a ruido de impacto. Los resultados obtenidos fueron:

- Aislamiento acústico a ruido aéreo:

UNE-EN ISO 717-1:1997⁽¹⁸⁾

$R_w(C;C_{tr}) = 51 (0; -3) \text{ dB}$

⁽¹¹⁾ EN 13823:2010+A1:2014. Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelos, expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo.

⁽¹²⁾ EN ISO 11925-2:2010/AC:2011. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única. (ISO 11925-2:2020).

⁽¹³⁾ 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.

⁽¹⁴⁾ UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010. 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. (Actualmente sustituida por la UNE-EN 13501-2:2019).

⁽¹⁵⁾ UNE-EN 1365-2:2000. Ensayos de resistencia al fuego de los elementos portantes. Parte 2: Suelos y cubiertas. (Actualmente sustituida por la UNE-EN 1365-2:2016).

⁽¹⁶⁾ UNE-EN ISO 140-3:1995. Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción. (Actualmente sustituida por la UNE-EN ISO 10140-2:2011)

⁽¹⁷⁾ UNE-EN ISO 140-6:1999. Acústica. Medición del aislamiento acústico en edificios y de los elementos de construcción. Parte 6: Mediciones en laboratorio del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos. (Actualmente sustituida por la UNE-EN ISO 10140-3:2011)

⁽¹⁸⁾ UNE-EN ISO 717-1:1997. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. (ISO 717-1:1996). (Actualmente sustituida por UNE-EN ISO 717-1:2013).

- Aislamiento acústico a ruido de impacto:

UNE-EN ISO 717-2:1997⁽¹⁹⁾

$$L_{n,w}(C_i) = 77 (-7) \text{ dB}$$

A.2) Forjado unidireccional con suelo flotante

Ensayo realizado por LABEIN-TECNALIA con número de informe B0158-IN-CT-U y fecha junio de 2007, conforme a las normas UNE-EN ISO 140-3:1995⁽¹⁶⁾ y UNE-EN ISO 140-6:1999⁽¹⁷⁾, sobre un forjado unidireccional de intereje 70 cm y nervio de 12 cm realizado con las piezas del Sistema FOREL.

La sección en planta del forjado era de 4,2 m x 3,3 m, con un canto de 25 + 5 cm, consistente de:

- 7 cm de suelo flotante de mortero sobre lámina de polietileno espumado reticulado de célula cerrada de 5 mm de espesor TECOFON;
- 5 cm de capa de compresión;
- 25 cm de nervio;
- 3 cm de capa de EPS;
- 1,5 cm de guarnecido de yeso.

Se realizaron dos ensayos, uno de aislamiento acústico a ruido aéreo y uno de aislamiento acústico a ruido de impacto. Los resultados obtenidos fueron:

- Aislamiento acústico a ruido aéreo:

UNE-EN ISO 717-1:1997⁽¹⁸⁾

$$R_w(C;C_{tr}) = 55 (-1; -5) \text{ dB}$$

- Aislamiento acústico a ruido de impacto:

UNE-EN ISO 717-2:1997⁽¹⁹⁾

$$L_{n,w}(C_i) = 63 (0) \text{ dB}$$

B. Forjado reticular

B.1) Forjado reticular sin suelo flotante

Ensayo realizado por LABEIN-TECNALIA con número de informe B0158-IN-CT-U y fecha abril de 2007, conforme a las normas UNE-EN ISO 140-3:1995⁽¹⁶⁾ y UNE-EN ISO 140-6:1999⁽¹⁷⁾, sobre un forjado reticulado de intereje 80 x 80 cm y nervio de 12 cm realizado con las piezas del Sistema FOREL.

La sección en planta del forjado era de 4,2 m x 3,3 m con un canto de 25 + 5 cm, consistente de:

- 5 cm de capa de compresión;
- 25 cm de nervio;
- 3 cm de capa de EPS;
- falso techo de PYL de espesor 12,5 mm.

Se realizaron dos ensayos, uno de aislamiento acústico a ruido aéreo y uno de aislamiento acústico a ruido de impacto. Los resultados obtenidos fueron:

- Aislamiento acústico a ruido aéreo:

UNE-EN ISO 717-1:1997⁽¹⁸⁾

$$R_w(C;C_{tr}) = 66 (-1; -5) \text{ dB}$$

- Aislamiento acústico a ruido de impacto:

UNE-EN ISO 717-2:1997⁽¹⁹⁾

$$L_{n,w}(C_i) = 66 (-10) \text{ dB}$$

B.2) Forjado reticular con suelo flotante

Ensayo realizado por LABEIN-TECNALIA con número de informe B0158-IN-CT-U y fecha junio de 2007, conforme a las normas UNE-EN ISO 140-3:1995⁽¹⁶⁾ y UNE-EN ISO 140-6:1999⁽¹⁷⁾, sobre un forjado reticulado de intereje 80 x 80 cm y nervio de 12 cm realizado con las piezas del Sistema FOREL.

La sección en planta del forjado era de 4,2 m x 3,3 m, con un canto de 25 + 5 cm, consistente de:

- 7 cm de suelo flotante de mortero sobre lámina de polietileno espumado reticulado de célula cerrada de 5 mm de espesor TECOFON;
- 5 cm de capa de compresión;
- 25 cm de nervio;
- 3 cm de capa de EPS;
- Falso techo de placas de yeso laminado de 12,5 mm de espesor.

Se realizaron dos ensayos, uno de aislamiento acústico a ruido aéreo y uno de aislamiento acústico a ruido de impacto. Los resultados obtenidos fueron:

- Aislamiento acústico a ruido aéreo:

UNE-EN ISO 717-1:1997⁽¹⁸⁾

$$R_w(C;C_{tr}) = 68 (-4; -10) \text{ dB.}$$

- Aislamiento acústico a ruido de impacto:

UNE-EN ISO 717-2:1997⁽¹⁹⁾

$$L_{n,w}(C_i) = 51 (2) \text{ dB.}$$

14.2.5 *Adherencia entre la pieza base de poliestireno y el nervio de hormigón*

Sobre una base del Sistema hormigonada se mantuvo colgada una carga de 147 N durante 7 días, comprobándose que no se produjo ningún desplazamiento en la pieza de poliestireno.

14.2.6 *Comportamiento de los anclajes para zonas aligeradas*

A una base de poliestireno, a la cual se le ha incorporado por su cara inferior un revestimiento de enlucido de yeso, se le han colocado unos tacos de anclaje, según se indica en el apartado 11.4 y, posteriormente, se ha colgado una carga de 147 N durante 7 días, con resultado satisfactorio.

⁽¹⁹⁾ UNE-EN ISO 717-2:1997. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos. (ISO

717-2:1996). (Actualmente sustituida por UNE-EN ISO 717-2:2013).

14.2.7 Comportamiento mecánico de los anclajes para falsos techos

Se ensayaron tres muestras formadas cada una por una pieza de base con el nervio hormigonado, en las que previamente se había colocado sobre los testigos de hormigonado el anclaje descrito en el punto 10.4.

Dos de las muestras se ensayaron a tracción, por medio de un gancho roscado atornillado sobre el anclaje, obteniéndose una carga de 976 N.

En la tercera muestra, se mantuvo una carga de 392 N suspendida durante 7 días no observándose daños ni deformaciones en la muestra.

14.2.8 Durabilidad de los enlucidos de yeso

Se dispusieron dos tipos de revestimiento de yeso (yeso manual LONGIPS y yeso de proyección aligerado PROYAL XXI) de 12 mm de espesor en la cara inferior de bases de poliestireno de 800 x 800 mm.

Transcurridos 28 días de su puesta en obra, se verifica que no ha aparecido ningún tipo de grieta, fisura, o desconchado en la cara inferior del yeso, manteniendo esta su homogeneidad y la planicidad de su colocación.

Manteniendo las placas horizontalmente, con su cara inferior de enlucido de yeso, y colocadas en una cámara en el que las condiciones de temperatura eran de 40 + 2 °C, con una humedad superior al 90 % durante 56 días, se comprobó que para ambos enlucidos de yeso no se produjo ningún tipo de alteración en su superficie.

15. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

La puesta en obra del Sistema FOREL para la obtención de forjados unidireccionales o reticulares se encuentra avalada por la práctica de más de 30 años de estudios y construcción.

15.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

Las exigencias que deben cumplir los elementos del Sistema FOREL se encuentran recogidas en el CTE, la EHE-08 y la norma UNE 53974:2011⁽²⁰⁾.

Las piezas de poliestireno expandido del Sistema FOREL cumplen con los requisitos establecidos en el Artículo 36 de la EHE-08 relativos a piezas de entrevigado aligerantes:

- La carga de rotura a flexión para cualquier pieza de entrevigado debe ser mayor que 1,0 kN determinada según UNE 53981 (anulada por UNE-EN 15037-4:2010+A1:2014⁽²¹⁾) para las piezas de poliestireno expandido.

⁽²⁰⁾ UNE 53974:2011. Plásticos. Elementos aligerantes de poliestireno expandido (EPS) para forjados con nervios hormigonados en obra.

⁽²¹⁾ UNE-EN 15037-4:2010 +A1:2014. Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjado de vigueta y bovedilla. Parte 4: Bovedillas de poliestireno expandido.

- El comportamiento de reacción al fuego de las piezas que estén o pudieran quedar expuestas al exterior durante la vida útil de la estructura, cumplirán con la clase de reacción al fuego que sea exigible (ver apartado 14.2.2 del presente documento).

15.1.1 SE - Seguridad estructural

El Sistema no contribuye a la estabilidad del forjado, por no formar parte de su sección resistente.

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

El forjado ha de dimensionarse, 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).

El forjado, de acuerdo con las dimensiones libres y resistencia característica del hormigón previsto, se calculará según la EHE-08 o Código que la sustituya.

15.1.2 SI - Seguridad en caso de incendio

La composición del forjado terminado, incluidos posibles revestimientos, debe ser conforme con el CTE, Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI), en lo que se refiere a la resistencia al fuego, así como en la reacción al fuego de los materiales que lo integran.

Según queda establecido en la EHE-08, la clase de reacción al fuego «debe estar determinada conforme a la norma UNE-EN 13501-1:2019⁽²²⁾ según las condiciones finales de utilización, es decir, con los revestimientos con los que vayan a contar las piezas».

De acuerdo a los ensayos de reacción al fuego aportados, el Sistema FOREL con un recubrimiento de yeso o mortero, aplicado según se establece en el apartado 9 de este documento, obtiene una clasificación de reacción al fuego (ver ensayo 14.2.2):

Euroclase B-s1, d0.

La resistencia al fuego del forjado se ha determinado por medio de ensayos, tal y como

⁽²²⁾ 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.

establece el punto 6 de CTE-DB-SI, SI-6 relativo a Resistencia al fuego de la estructura.

Según se recoge en el ensayo 14.2.3 a), un forjado unidireccional realizado con el Sistema FOREL (con intereje de 70 cm, ancho de nervio de 12 cm y canto del forjado mínimo de 22 + 5 cm) obtiene una clasificación de resistencia al fuego según UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010⁽²³⁾:

REI 120.

Según se recoge en el ensayo 14.2.3 b), un forjado reticular realizado con el Sistema FOREL (con intereje de 80 cm, ancho de nervio de 12 cm y canto del forjado mínimo de 25 + 5 cm) obtiene una clasificación de resistencia al fuego según UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010⁽²³⁾:

REI 180.

15.1.3 *SUA - Seguridad de utilización y accesibilidad*

El CTE no especifica exigencias relativas a la seguridad de utilización para este tipo de sistemas.

El resultado del ensayo de punzonamiento-cizalladura-flexión (ensayo 14.1.6) ha permitido verificar el correcto comportamiento de las bovedillas frente a esta solicitud, que es necesario considerar a efectos de seguridad durante la ejecución de la obra.

En los ensayos realizados según la norma UNE 53974⁽²⁴⁾ aportados por el fabricante, se comprueba que las bovedillas tienen una resistencia mecánica a punzonamiento o cizalladura – flexión superior a 1,5 kN.

15.1.4 *HS - Salubridad*

La solución completa del forjado debe garantizar el grado de impermeabilidad mínimo exigido para el edificio al que se incorpore, según se describe en el CTE-DB-HS, con objeto de satisfacer el requisito básico de protección frente a la humedad (HS 1) en el caso de cubiertas y suelos elevados.

La comprobación de la limitación de humedades de condensación superficiales e intersticiales de los forjados que formen parte de la envolvente térmica del edificio debe realizarse según lo establecido en el 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*

La solución constructiva completa de forjado, debe ser conforme con las exigencias del CTE-DB-HR en lo que respecta a la protección contra el ruido.

Tal y como se señala en el punto 13 del presente documento, el fabricante dispone de un programa de cálculo, según normas UNE-EN 12354⁽²⁵⁾ que le permite la comprobación de distintas soluciones constructivas en función de los parámetros del edificio concreto, información que proporciona a sus clientes para justificación del Requisito Básico de Protección frente al ruido.

Para el desarrollo de dicho programa el fabricante ha realizado los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo y aislamiento acústico a ruido de impacto, recogidos en el punto 14.2.4 del presente Informe Técnico.

En cualquier caso, se estudiará la solución constructiva de los encuentros del conjunto del forjado y revestimientos con el resto de elementos constructivos, de manera que se evite la transmisión del ruido por flancos, para lo que se seguirán las recomendaciones recogidas en el CTE, así como las recomendaciones del fabricante.

15.1.6 *HE - Ahorro de energía*

La solución constructiva completa de forjado debe satisfacer las exigencias del CTE, Documento Básico de Ahorro Energético (DB-HE), en cuanto a comportamiento higrotérmico.

La transmitancia térmica de los forjados construidos mediante el Sistema FOREL que estén presentes en la envolvente del edificio, al estar compuestos por una mezcla de capas de composición heterogénea, será calculada con la metodología expuesta en el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE 1 del Código Técnico de la Edificación (DA/1 DB-HE1, CTE), parte 1, en su epígrafe 3.

En la tabla de la figura 18 del presente documento se dan los valores de transmitancia térmica para los distintos tipos de forjado, calculados según el citado Documento de Apoyo y considerando una capa de compresión de 5 cm en todos los casos.

Los valores de transmitancia térmica resultan suficientes para asegurar la limitación de descompensaciones de aislamiento térmico en particiones interiores conforme a la exigencia recogida en el Documento Básico DB-HE 1 del

⁽²³⁾ UNE-EN 13501-2:2009+A1:2010. 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. (Actualmente sustituida por la UNE-EN 13501-2:2019).

⁽²⁴⁾ UNE 53974:1998. Plásticos. Casetones o elementos de poliestireno expandido (EPS) para forjados reticulares. (Actualmente sustituida por UNE 53974:2011. Plásticos.

Elementos aligerantes de poliestireno expandido (EPS) para forjados con nervios hormigonados en obra). (Actualmente sustituida por la UNE 53974:2011).

⁽²⁵⁾ UNE-EN 12354. Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos.

Código Técnico de la Edificación (DA/1 DB-HE1, CTE), parte 1, en su epígrafe 3.2.

Para realizar dichos cálculos se ha considerado un valor de conductividad térmica para el poliestireno expandido de 0,035 W/m-K y de 2,4 W/m-K para el hormigón.

15.2 Utilización del producto. Puesta en obra

Para la puesta en obra del Sistema FOREL se precisa de un encofrado continuo.

Los casetones de poliestireno no presentan ninguna problemática especial en cuanto a su puesta en obra. Es recomendable no tener las piezas expuestas de forma prolongada a la radiación solar, ya que pueden alterarse sus características resistentes y dimensionales. Al mismo tiempo es necesario protegerlas del viento, ya que, debido a su ligereza, pueden ser desplazadas fácilmente.

Al tratarse de una estructura hormigonada in situ, la ejecución del forjado se realizará según lo establecido en la EHE-08 o Código que la sustituya.

Es necesario asegurar el recubrimiento de las armaduras en los nervios y zonas macizas, según lo contemplado en el proyecto, por lo que será necesario el empleo de separadores de armadura, adecuados para el sistema según se describen en el punto 8.2.

15.3 Gestión de residuos

Se seguirán las especificaciones del Real Decreto 105/2008 por el que se regula la Producción y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, así como las reglamentaciones autonómicas y locales que sean de aplicación. Para ello, FOREL, sistemas y proyectos, S.L. o el instalador reconocido se adherirá al Plan de Gestión de Residuos del contratista principal.

15.4 Mantenimiento y condiciones de servicio

De acuerdo con los ensayos de durabilidad realizados y las visitas a obra, se considera que el Sistema tiene un comportamiento satisfactorio conforme a las exigencias relativas a durabilidad; siempre que la puesta en obra se realice según lo descrito en el presente documento.

15.5 Otros aspectos

15.5.1 Sostenibilidad y gestión de materiales

El EPS que compone las piezas es un material 100 % reciclable. FOREL, sistemas y proyectos trabaja para asegurar la sostenibilidad ambiental de su sistema para lo que dispone de la posibilidad de asesorar y colaborar en el reciclado del poliestireno generado durante la ejecución de una obra.

15.5.2 Información BIM

FOREL, sistemas y proyectos dispone de las herramientas necesarias para su inclusión como parte de un proyecto bajo el entorno BIM durante sus distintas fases de creación y desarrollo, relacionados con sus características operativas

recogidas en el presente documento, poniendo a disposición de los técnicos los archivos necesarios para el modelado y evaluación de la estructura.

16. 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 fabricación y 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 en este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

17. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS⁽²⁶⁾

Las principales observaciones de las Comisiones de Expertos⁽²⁷⁾ fueron las siguientes:

- Este Sistema, como otros sistemas constructivos tradicionales, puede presentar fisuraciones estéticas en la unión entre los elementos que constituyen la superficie del techo. Para evitarlas, deberán considerarse las deformaciones posibles del forjado en función de la luz y el canto, y las condiciones de ejecución (temperatura, curado, etc.).
- Debe prestarse atención a las dimensiones de la tabiquería y a los arriostramientos para asegurar sus condiciones de estabilidad.
- Deberá verificarse el empleo del tipo de yeso y espesor que se especifican en el Informe Técnico.
- En todo caso, puede ser recomendable el empleo de pinturas elásticas o armadas.
- En proyecto debe haberse tenido en cuenta la resistencia al fuego de las particiones que separan sectores de incendio, de modo que en obra esas particiones se ejecuten correctamente haciéndolas coincidir con una zona maciza del forjado o mediante zonas macizadas, posterior eliminación del poliestireno, etc.
- Se recomienda en zonas expuestas al viento, lastrar lo antes posible las piezas y en casos de

viento extremo, detener la colocación de las mismas.

- Se recuerda que no es recomendable tener las piezas expuestas de forma prolongada a la radiación solar, ya que podrían alterarse sus características dimensionales y sus propiedades mecánicas.
- Se recomienda verificar el espesor de la capa de compresión y el recubrimiento de la armadura, así como que el hormigón ha llegado a los testigos inferiores previstos en las piezas.
- En las fachadas de ladrillo, es necesario eliminar el poliestireno del Sistema en los bordes del forjado.
- En la fase previa al hormigonado se recomienda, principalmente en jácnas, comprobar las dimensiones y colocación de los separadores, con el fin de evitar el punzonamiento de las piezas de poliestireno al pisar la armadura de acero.
- Se recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica y del manual de utilización se incorporen al Libro del Edificio.

⁽²⁶⁾ 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:

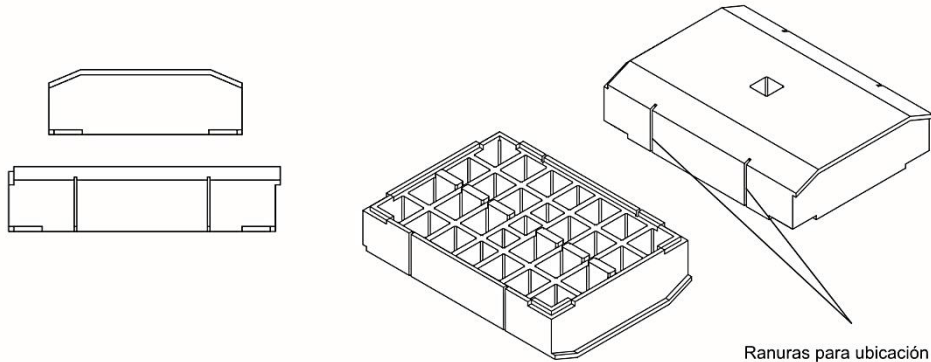
- a) Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- b) Derechos de comercialización del producto o sistema.
- c) Obras ejecutadas o en ejecución en las cuales el producto o sistema se haya instalado, utilizado o mantenido, ni tampoco sobre su diseño, métodos de construcción ni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

⁽²⁷⁾ Las Comisiones de Expertos estuvieron integradas por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

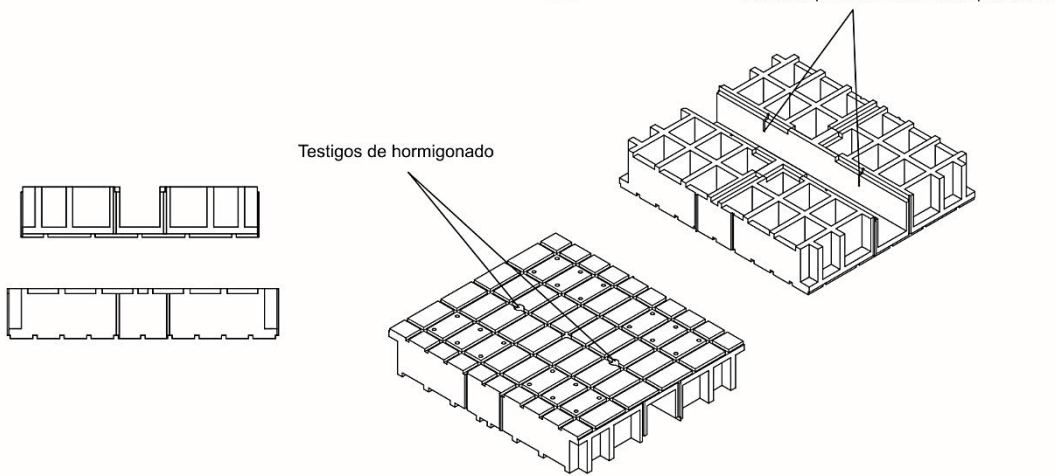
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- Asociación de Empresas de Control de Calidad y Control Técnico Independientes (AECCTI).
- Asociación Española de Normalización (UNE).
- Asociación para el Fomento de la Investigación y la Tecnología de la Seguridad contra Incendios (AFITI).
- APPLUS.
- BUREAU VERITAS ESPAÑA, S.A.
- CERTUM Control Técnico Edificación, S.A.
- Consejo General de la Arquitectura Técnica.
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España.
- Control Técnico y Prevención de Riesgos, S.A. (CPV, S.A. - miembro de AECCTI).
- Dirección General de Arquitectura. Ministerio de Fomento.
- DRAGADOS, S.A. (gGravity engineering).
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM).
- FERROVIAL – AGROMAN, S.A.
- FCC, S.A. Construcción.
- Grupo CPV S.A.
- Instituto Técnico de Inspección y Control, S.A. (INTEINCO, S.A.).
- Instituto Técnico de Instalaciones y Construcción (ITIC S.L.).
- Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).
- Instituto Técnico de Materiales y Construcciones, S.A. (INTEMAC, S.A.).
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército (INTA – MINISDEF).
- Ministerio de la Vivienda.
- SGS Tecnos, S.A.
- Sociedad Española para el Control Técnico en la Construcción, S.A. (SECOTEC, S.A.).
- SOCOTEC Iberia, S.A.
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

Figura 1. Sistema unidireccional.

SOMBRETERE O TAPA



BASE



MONTAJE

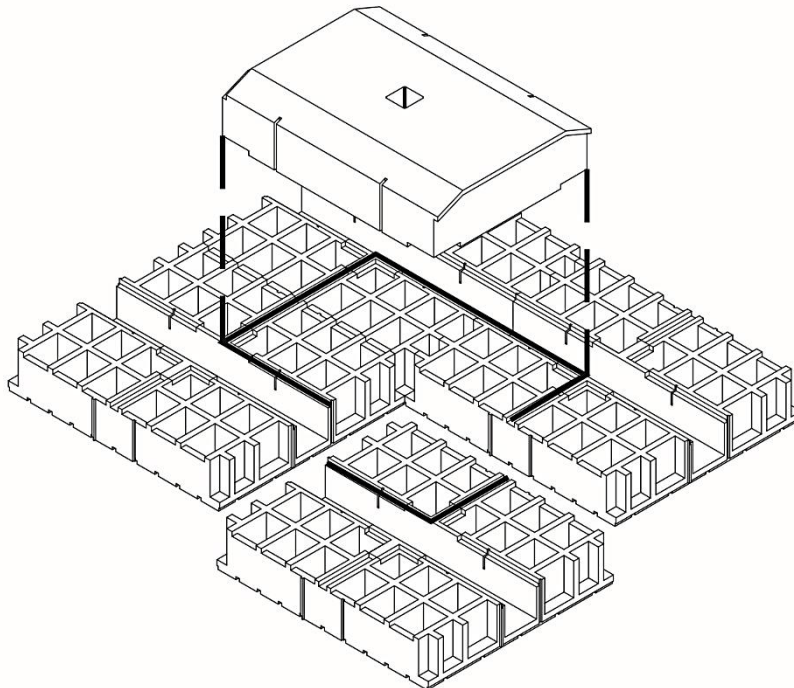
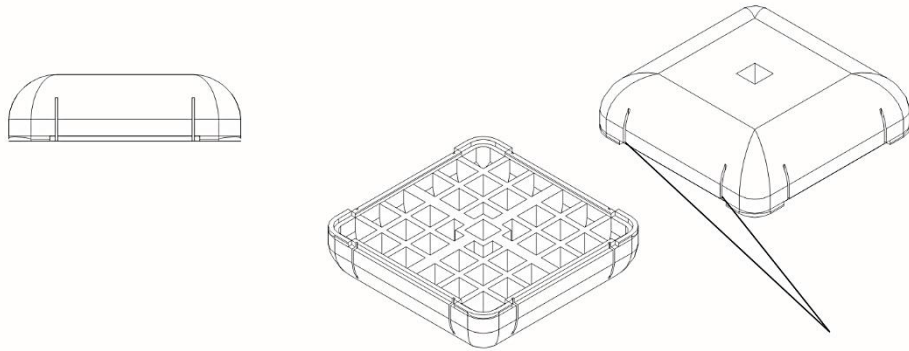
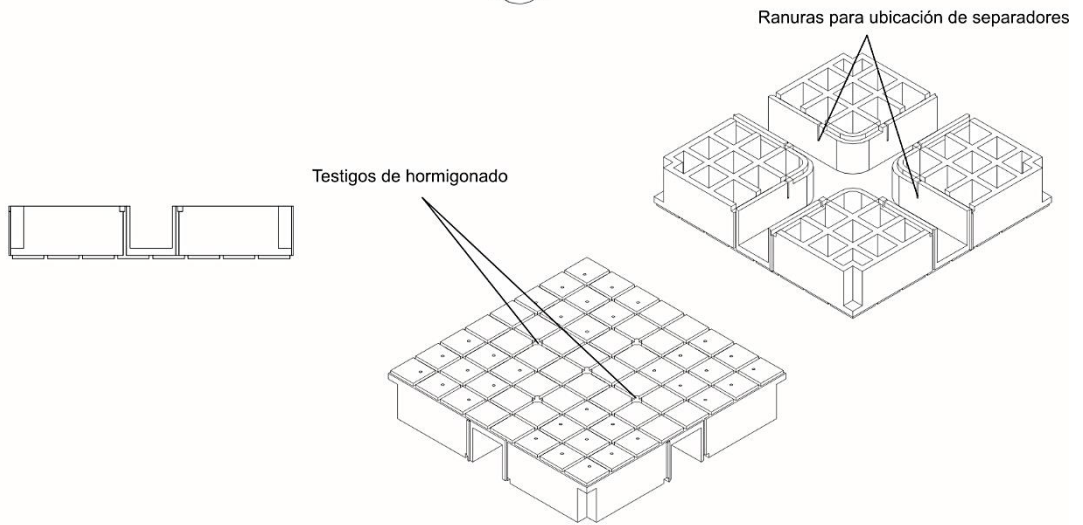


Figura 2. Sistema reticular.

SOMBRETERE O TAPA



BASE



MONTAJE

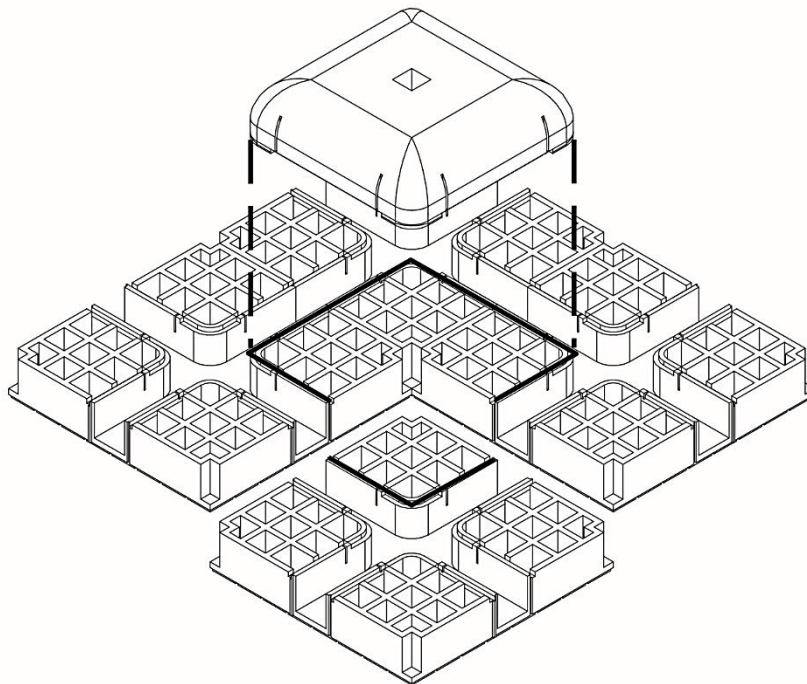


Figura 3. Placa de zona macizada.

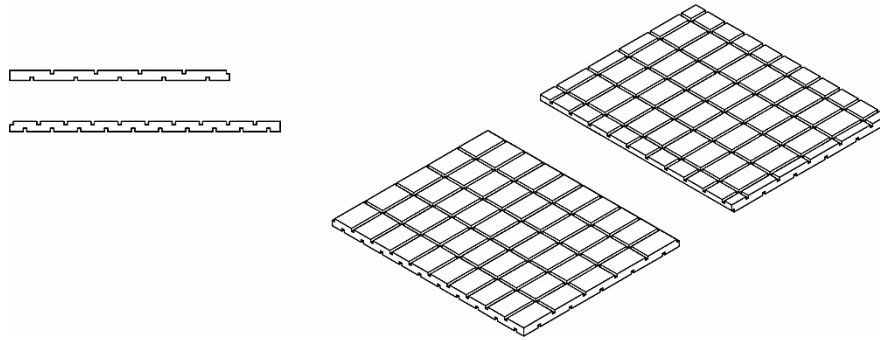


Figura 4. Dimensiones de las piezas del sistema unidireccional (en mm).

TAPA O SOMBRERETE

REFERENCIA	NERVIO 15 cm		
	LARGO	ANCHO	ALTO
SU55-10	800	550	95
SU55-12	800	550	115
SU55-15	800	550	145
SU55-17	800	550	165
SU55-20	800	550	195

BASE

REFERENCIA	NERVIO 15 cm				
	LARGO	ANCHO	ALTO*	NERVIO	AISLAMIENTO
BU7015-12	800	700	75	150	30
BU7015-15	800	700	105	150	30
BU7015-20	800	700	155	150	30
BU7015-25	800	700	205	150	30

REFERENCIA	NERVIO 12 cm		
	LARGO	ANCHO	ALTO
SU58-10	800	580	95
SU58-12	800	580	115
SU58-15	800	580	145
SU58-17	800	580	165
SU58-20	800	580	195
SU58-25	800	580	245
SU58-20	800	580	195
SU58-25	800	580	245

REFERENCIA	NERVIO 12 cm				
	LARGO	ANCHO	ALTO*	NERVIO	AISLAMIENTO
BU7012-12	800	700	75	120	30
BU7012-15	800	700	105	120	30
BU7012-20	800	700	155	120	30
BU7012-25	800	700	205	120	30

*Sin considerar machihembrado

TABLA DE TOLERANCIAS

LARGO	ANCHO	ALTO	NERVIO	AISLAMIENTO
VN +5 mm	VN +5 mm	VN +3 mm	VN +5 mm	VN +3 mm
VN -5 mm	VN -5 mm	VN -3 mm	VN -5 mm	VN -3 mm

a= LARGO
 b= ANCHO
 c= ALTO
 d= ANCHURA DE NERVIO
 e= ESPESOR AISLAMIENTO BAJO NERVIO

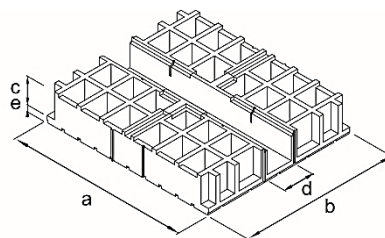
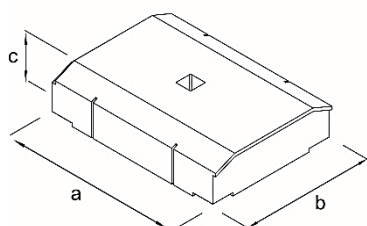


Figura 5. Dimensiones de las piezas del sistema reticular (en mm).

TAPA O SOMBRERETE

REFERENCIA	NERVIO 16 cm		
	LARGO	ANCHO	ALTO
SR64-15	640	640	145
SR64-20	640	640	195
SR64-25	640	640	245

REFERENCIA	NERVIO 14 cm		
	LARGO	ANCHO	ALTO
SR66-15	660	660	145
SR66-20	660	660	195
SR66-25	660	660	245

REFERENCIA	NERVIO 12 cm		
	LARGO	ANCHO	ALTO
SR68-15	680	680	145
SR68-20	680	680	195
SR68-25	680	680	245

BASE

REFERENCIA	NERVIO 16 cm				
	LARGO	ANCHO	ALTO*	NERVIO	AISLAMIENTO
BR8016-10	800	800	55	160	30
BR8016-12	800	800	75	160	30
BR8016-15	800	800	105	160	30
BR8016-17	800	800	125	160	30
BR8016-20	800	800	155	160	30
BR8016-25	800	800	205	160	30

REFERENCIA	NERVIO 14 cm				
	LARGO	ANCHO	ALTO*	NERVIO	AISLAMIENTO
BR8014-10	800	800	55	140	30
BR8014-12	800	800	75	140	30
BR8014-15	800	800	105	140	30
BR8014-17	800	800	125	140	30
BR8014-20	800	800	155	140	30
BR8014-25	800	800	205	140	30

REFERENCIA	NERVIO 12 cm				
	LARGO	ANCHO	ALTO*	NERVIO	AISLAMIENTO
BR8012-10	800	800	55	120	30
BR8012-12	800	800	75	120	30
BR8012-15	800	800	105	120	30
BR8012-17	800	800	125	120	30
BR8012-20	800	800	155	120	30
BR8012-25	800	800	205	120	30

*Sin considerar machihembrado

TABLA DE TOLERANCIAS

LARGO	ANCHO	ALTO	NERVIO	AISLAMIENTO
VN +5 mm	VN +5 mm	VN +3 mm	VN +5 mm	VN +3 mm
VN -5 mm	VN -5 mm	VN -3 mm	VN -5 mm	VN -3 mm

a= LARGO
 b= ANCHO
 c= ALTO
 d= ANCHURA DE NERVIO
 e= ESPESOR AISLAMIENTO BAJO NERVIO

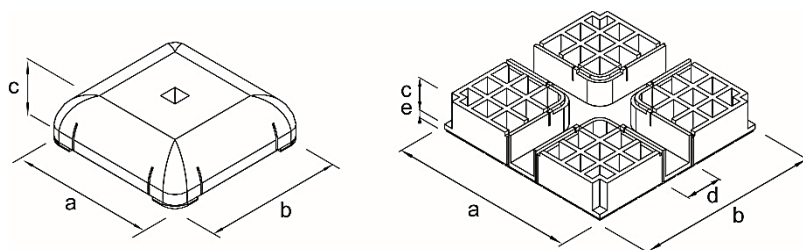
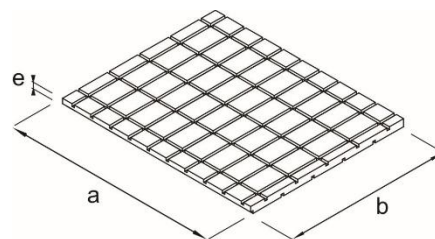


Figura 6. Dimensiones de las placas de zona maciza (en mm).

REFERENCIA	LARGO	ANCHO	AISLAMIENTO
PG	1300	800	30



a= LARGO
b= ANCHO
e= ESPESOR AISLAMIENTO BAJO NERVIO

TABLA DE TOLERANCIAS

LARGO	ANCHO	AISLAMIENTO
VN +5 mm	VN +5 mm	VN +3 mm
VN -5 mm	VN -5 mm	VN -3 mm

Figura 7. Configuraciones y consumos de hormigón.

FORJADO UNIDIRECCIONAL

Altura de bovedilla (cm)	Capa compresión (cm)	Canto estructural (cm)	Canto arquitectónico (cm)	INTEREJE 70 cm			
				Nervio 12		Nervio 15	
				Consumo hormigón (L/m ²)	Peso propio (Kg/m ²)	Consumo hormigón (L/m ²)	Peso propio (Kg/m ²)
22	5	27	30	93	233	103	258
25	5	30	33	98	245	109	273
27	5	32	35	102	255	113	283
30	5	35	38	107	268	120	300
32	5	37	40	110	275	124	310
35	5	40	43	115	288	130	325
40	5	45	48	124	310	141	353
45	5	50	53	133	333	152	381

FORJADO RETICULAR

Altura de casetón (cm)	Capa compresión (cm)	Canto estructural (cm)	Canto arquitectónico (cm)	INTEREJE 80 x 80 cm					
				Nervio 12		Nervio 14		Nervio 16	
				Consumo hormigón (L/m ²)	Peso propio (Kg/m ²)	Consumo hormigón (L/m ²)	Peso propio (Kg/m ²)	Consumo hormigón (L/m ²)	Peso propio (Kg/m ²)
20	5	25	28	125	314	133	332	140	351
22	5	27	30	131	329	139	348	147	369
25	5	30	33	140	351	149	372	158	396
27	5	32	35	146	366	155	388	165	414
30	5	35	38	155	387	165	413	176	442
32	5	37	40	160	402	171	429	184	460
35	5	40	43	169	424	181	453	195	487
40	5	45	48	183	460	195	493	214	532
45	5	50	53	197	496	209	533	233	577

Figura 8. Ejemplo de replanteo forjado unidireccional.

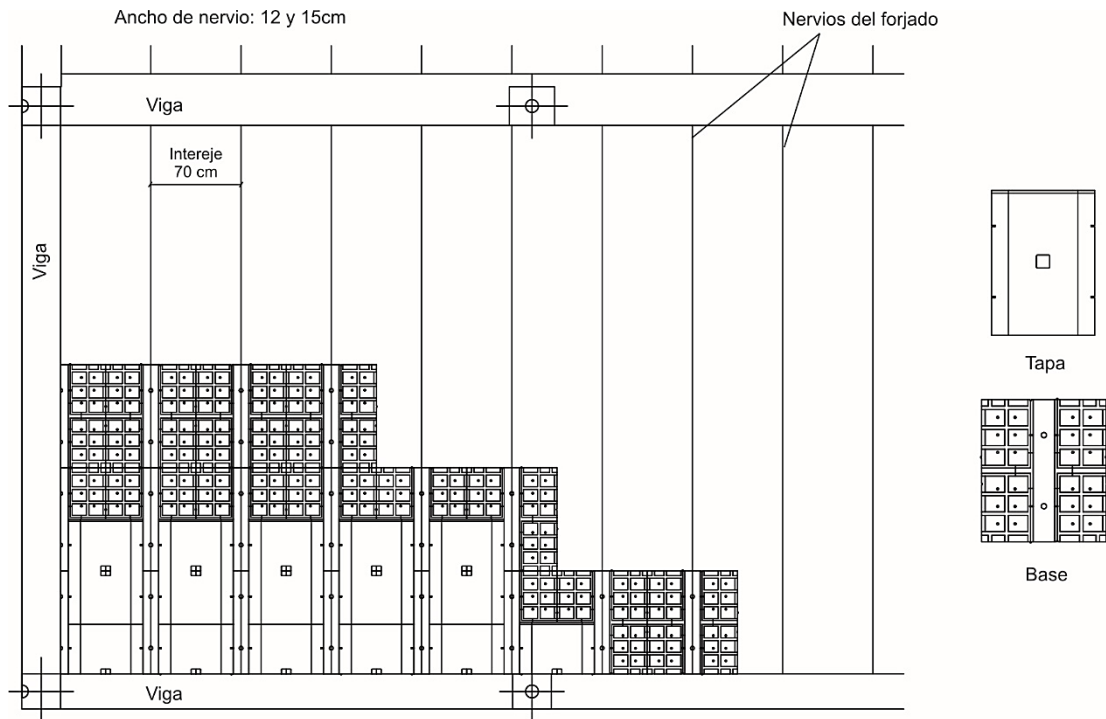


Figura 9. Ejemplo de replanteo forjado reticular.

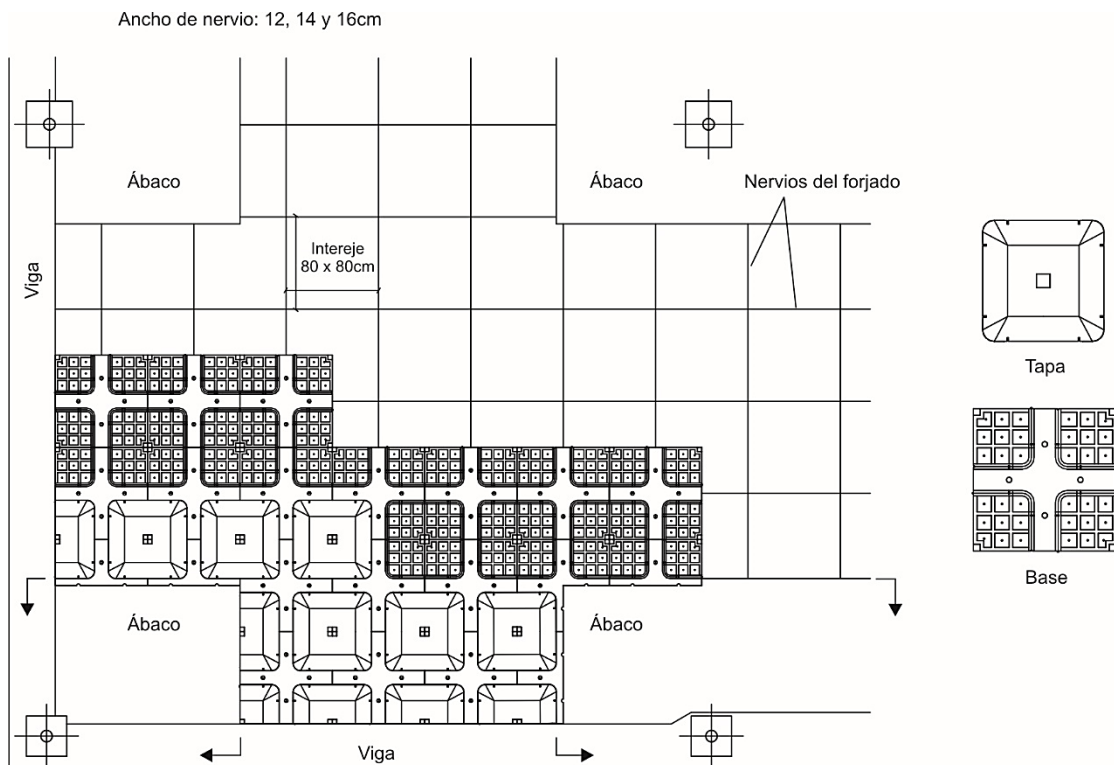


Figura 10. Separadores metálicos para armaduras de nervios.

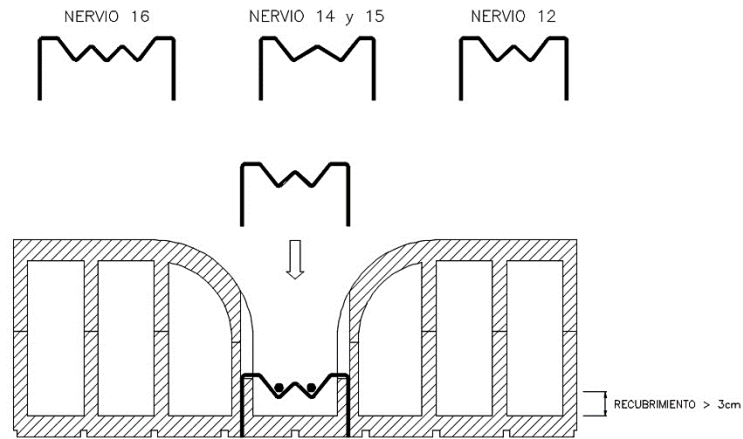


Figura 11. Separadores de hormigón para armadura de zonas macizas.

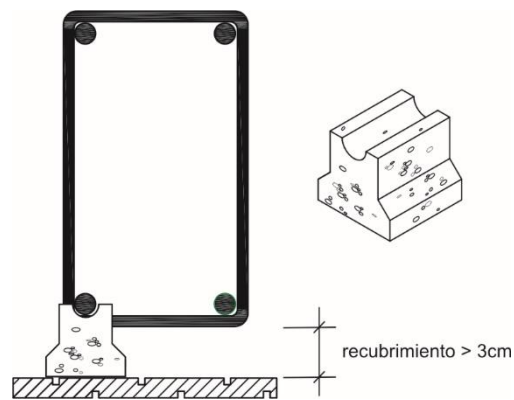


Figura 12. Montaje sistema unidireccional.

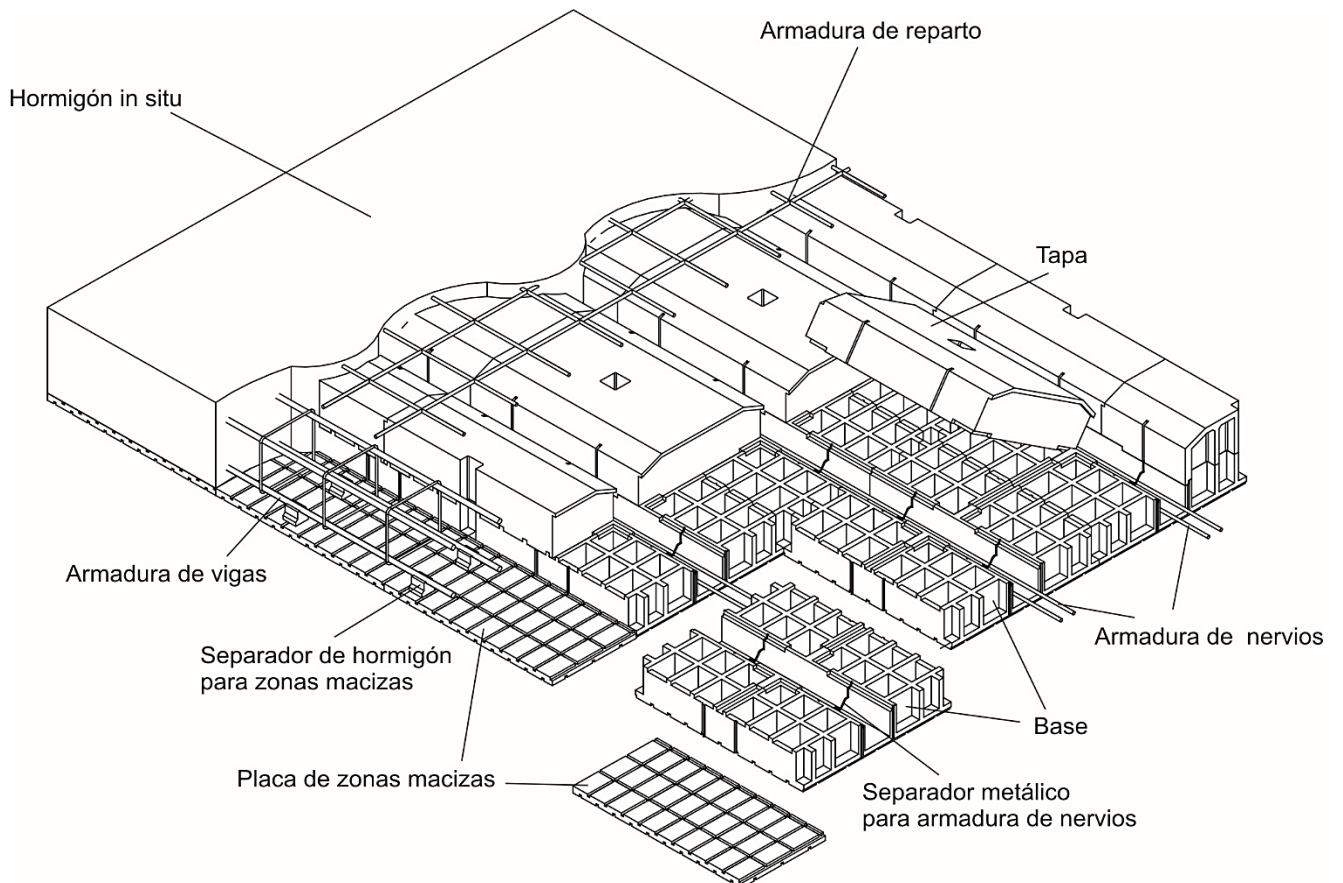


Figura 13. Montaje sistema reticular.

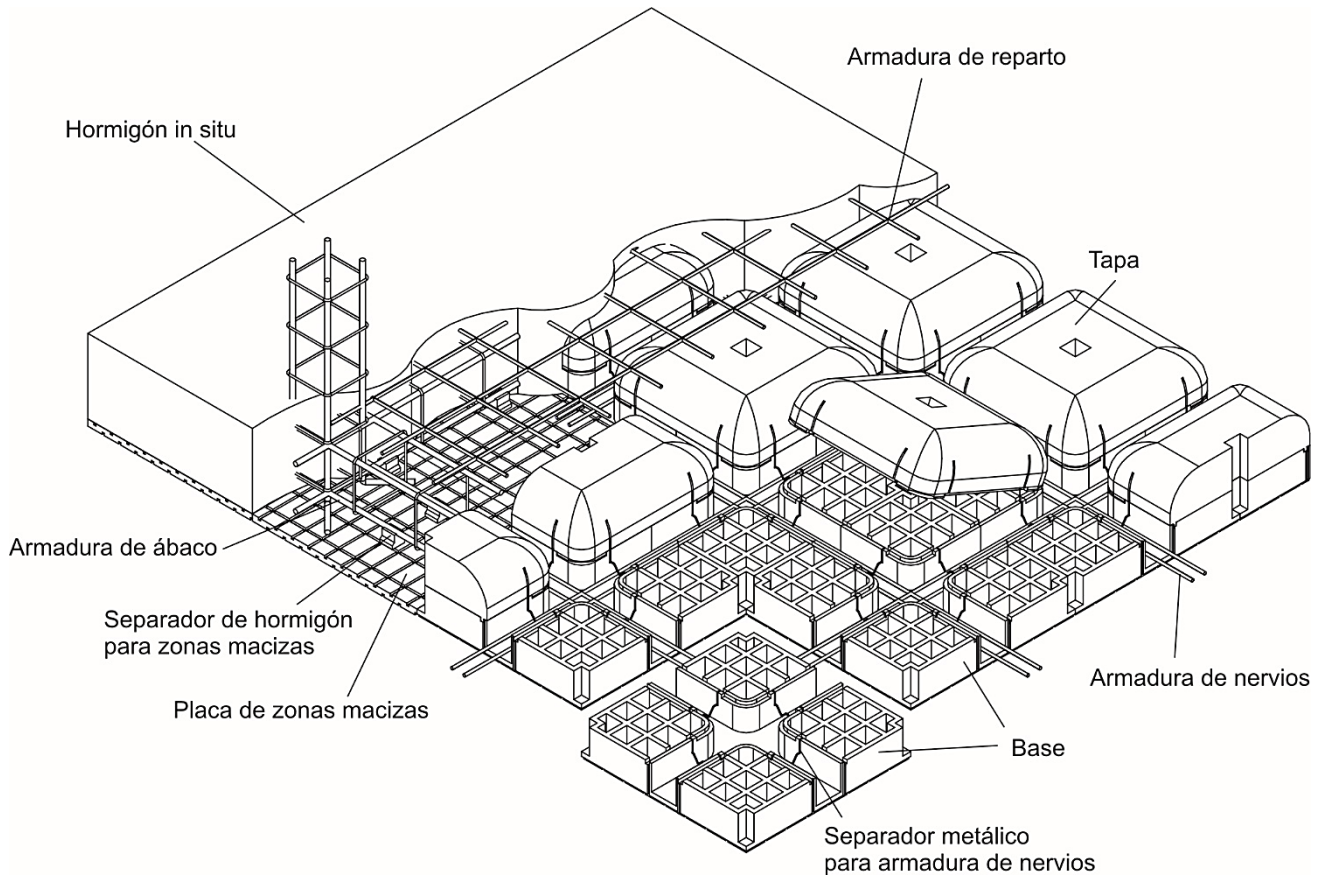
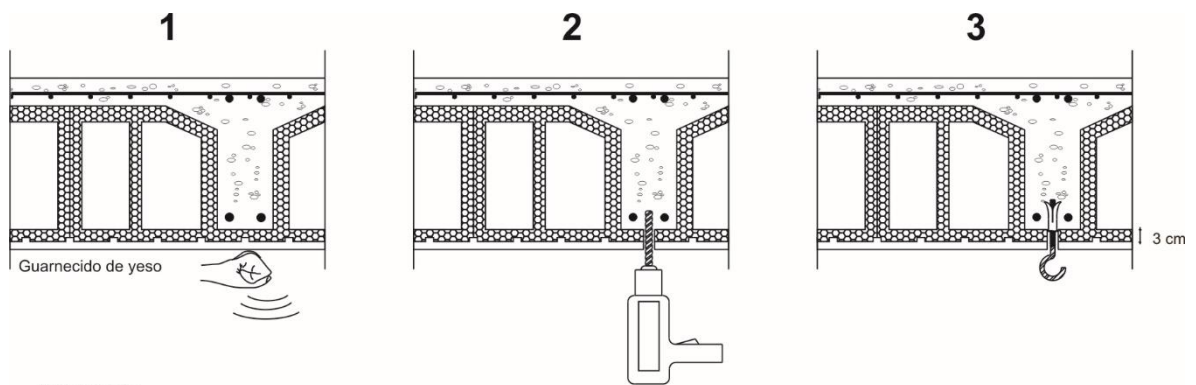


Figura 14. Colocación de anclajes en zonas macizas y de nervios.



Colocación:

- 1- Golpear el guarnecido de yeso con los nudillos para detectar la parte maciza.
- 2- Taladrar con una broca específica para hormigón.
- 3- Introducir un gancho expansivo cuidando de guardar los 3 cm de espesor del aislamiento.

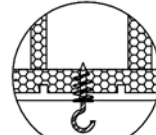
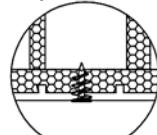
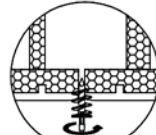
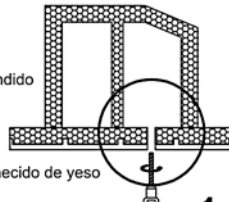
Figura 15. Colocación de anclajes en zonas aligeradas.

FISCHER FID50



Bovedilla de poliestireno expandido

Guarnecido de yeso



1

2

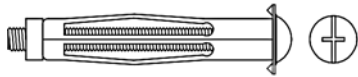
3

4

Colocación:

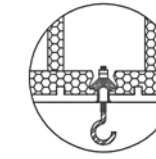
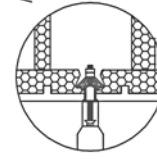
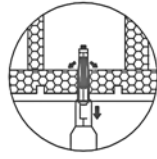
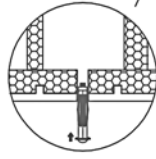
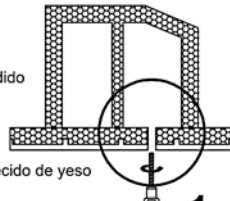
- 1- Hacer un orificio con un taladro de unos 10-12mm.
- 2- Con ayuda de una llave de cabeza torx ir introduciendo el taco hacia dentro haciendo ligera presión.
- 3- Una vez que hace tope el taco queda fijado.
- 4- Insertar un gancho autorroscante en el taco.

HILTI HDD-S



Bovedilla de poliestireno expandido

Guarnecido de yeso



1

2

3

4

5

Colocación:

- 1- Hacer un orificio con un taladro del diametro del taco.
- 2- Introducir el taco hasta hacer tope con el yeso.
- 3- Con la ayuda del util de colocación, tirar del tornillo hacia afuera, lo que provoca la apertura del taco.
- 4- El taco queda ya completamente fijado.
- 5- El tornillo puede sustituirse por un gancho atornillado de la misma métrica.

Figura 16. Instalación de tabiques de placa de yeso laminado.

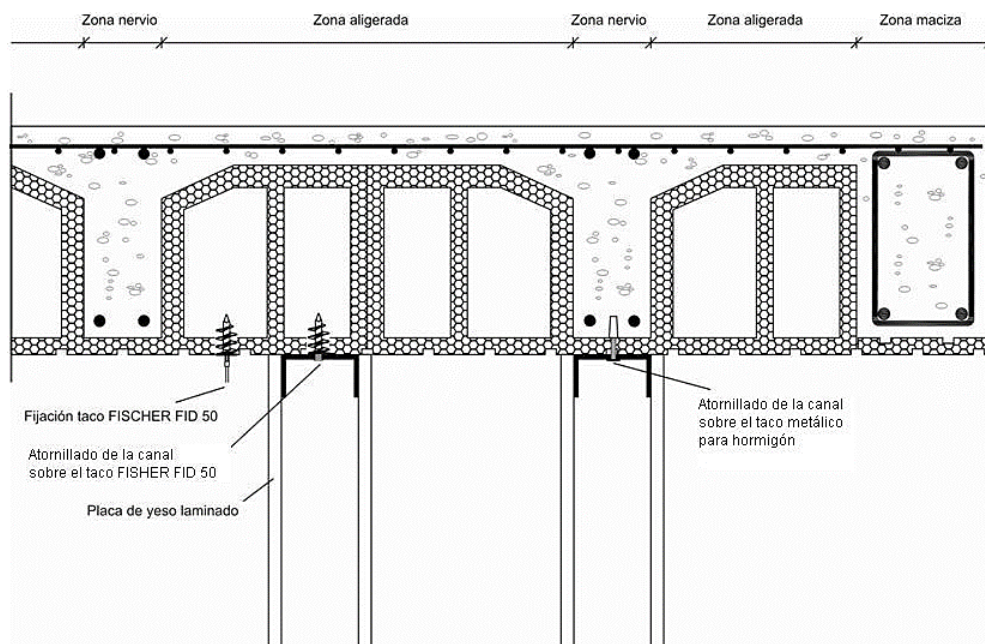


Figura 17. Instalación de techos descoglados de placa de yeso laminado con anclajes FOREFIX.

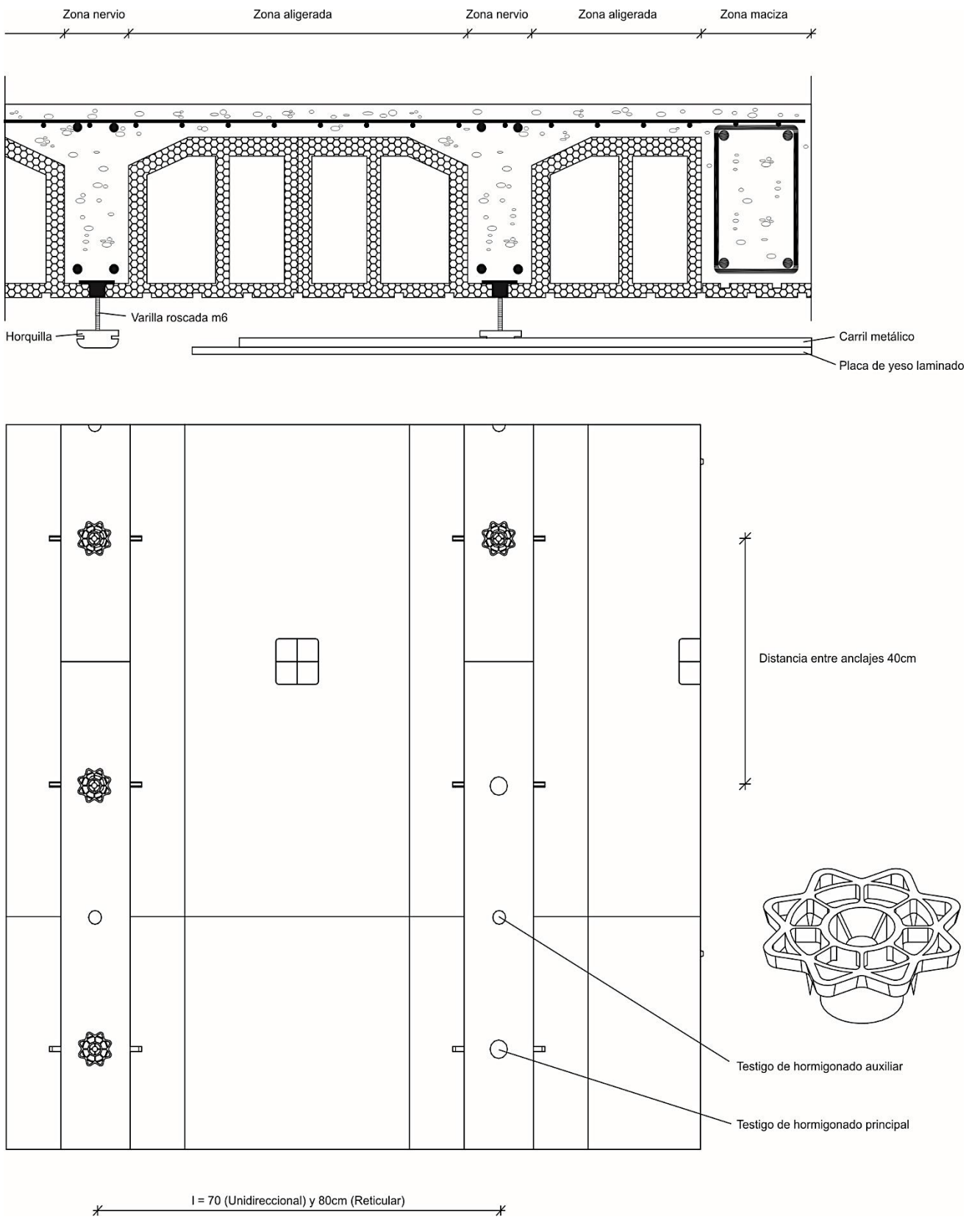


Figura 18. Datos de resistencia térmica y transmitancia térmica.

FORJADO UNIDIRECCIONAL

Ancho de nervio (cm)	Transmitancia térmica U (W/m ² K) / Resistencia térmica R (m ² K/W)							
	Altura de bovedilla (cm)							
	22	25	27	30	32	35	40	45
12	0,43 (2,31)	0,43 (2,34)	0,42 (2,37)	0,42 (2,40)	0,41 (2,41)	0,41 (2,44)	0,40 (2,48)	0,40 (2,51)
15	0,45 (2,22)	0,44 (2,26)	0,44 (2,28)	0,43 (2,31)	0,43 (2,33)	0,42 (2,36)	0,42 (2,40)	0,41 (2,43)

FORJADO RETICULAR

Ancho de nervio (cm)	Transmitancia térmica U (W/m ² K) / Resistencia térmica R (m ² K/W)								
	Altura de casetón (cm)								
	20	22	25	27	30	32	35	40	45
12	0,49 (2,05)	0,48 (2,08)	0,47 (2,11)	0,47 (2,13)	0,46 (2,16)	0,46 (2,18)	0,45 (2,20)	0,45 (2,24)	0,44 (2,28)
14	0,51 (1,96)	0,50 (1,99)	0,50 (2,02)	0,49 (2,04)	0,48 (2,07)	0,48 (2,08)	0,47 (2,11)	0,47 (2,15)	0,49 (2,18)
16	0,53 (1,88)	0,52 (1,91)	0,52 (1,94)	0,51 (1,96)	0,50 (1,99)	0,50 (2,00)	0,50 (2,02)	0,49 (2,06)	0,48 (2,09)

Figura 19. Datos de soluciones acústicas aceptadas.

FORJADO UNIDIRECCIONAL

Forjado			Medianera	Tabique	Fachada	Índices
Composición	Suelo flotante	Falso techo				
Ancho nervio: 12cm Canto: 25+5cm Intereje 70cm R=46,7 / L=90	EPS Elasticado 2cm + losa de hormigón 4cm (*) $\Delta R=12 / \Delta L=21$	Falso techo PYL + 7cm cámara de aire (*) $\Delta R=13 / \Delta L=17$	PYL 15+15/60/15+15 (cámara lana mineral) R=58	PYL 13/46/13 (cámara lana mineral) R = 41	Ladrillo perforado 12cm (R=46) PYL 15cm+lana de roca ($\Delta R=19$)	D _{NT,A} horizontal:53 D _{NT,A} vertical:57 L _{NT,W} vertical:53
Ancho nervio: 12cm Canto: 25+5cm Intereje: 70cm Yeso: 1cm R=51,8 / L=77	EPS Elasticado 4cm + losa de hormigón 4cm (*) $\Delta R=24 / \Delta L=30$	Sin falso techo	LGF 8cm+lana de roca 4cm+LGF 8cm, yeso ambas caras, (desconectada) R=56	LGF 5cm + yeso 1cm ambas caras (desconexión en la base) R = 33	Termoarcilla 24 cm + yeso 1cm R=52	D _{NT,A} horizontal:50 D _{NT,A} vertical:54 L _{NT,W} vertical:54
Ancho nervio: 12cm Canto: 25+5cm Intereje: 70cm Yeso: 1cm R=51,8 / L=77	EPS Elasticado 4cm + losa de hormigón 4cm (*) $\Delta R=24 / \Delta L=30$	Sin falso techo	Termoarcilla 24cm + mortero 1cm + yeso 3mm ambas caras (desconexión con tabique y fachada) R=54	LGF 5cm + yeso 1cm ambas caras (desconexión en la base) R = 33	Hoja interior: LGF 5cm + yeso R=33	D _{NT,A} horizontal:50 D _{NT,A} vertical:50 L _{NT,W} vertical:55
Ancho nervio: 12cm Canto: 25+5cm Intereje: 70cm Yeso: 1cm R=51,8 / L=77	Pe Reticulado TECOFON 5mm + losa hormigón (*) $\Delta R=3 / \Delta L=16$	Sin falso techo	LHD9 (R=42) PYL 15 + cámara rellena de roca en ambas caras ($\Delta R=19$, un trasdosado)	PYL 13/46/13 (cámara lana mineral) R = 41	Termoarcilla 24 cm + yeso 1cm R=52	D _{NT,A} horizontal:51 D _{NT,A} vertical:50 L _{NT,W} vertical:65

FORJADO RETICULAR

Forjado			Medianera	Tabique	Fachada	Índices
Composición	Suelo flotante	Falso techo				
Ancho nervio: 12cm Canto: 25+5cm Intereje 80 x 80cm R=49,8 / L=88	Pe Reticulado TECOFON 5mm + losa hormigón (*) $\square R=5 / \square L=16$	Falso techo PYL + 7cm cámara de aire (*) $\square R=16 / \square L=19$	PYL 15+15/60/15+15 (cámara lana mineral) R=58	PYL 13/46/13 (cámara lana mineral) R = 41	Ladrillo perforado 12cm (R=46) PYL 15cm+lana de roca ($\square R=19$)	D _{NT,A} horizontal:52 D _{NT,A} vertical:59 L _{NT,W} vertical:55
Ancho nervio: 12cm Canto: 25+5cm Intereje 80 x 80cm Yeso: 1cm R=51 / L=77	Pe Reticulado TECOFON 5mm + losa hormigón (*) $\square R=5 / \square L=16$	Sin falso techo	Termoarcilla 24cm + mortero 1cm + yeso 3mm ambas caras (desconexión con tabique y fachada) R=54	LGF 5cm + yeso 1cm ambas caras (desconexión en la base) R = 33	Termoarcilla 24 cm + yeso 1cm R=52	D _{NT,A} horizontal:50 D _{NT,A} vertical:50 L _{NT,W} vertical:64
Ancho nervio: 12cm Canto: 25+5cm Intereje 80 x 80cm R=49,8 / L=88	Pe Reticulado TECOFON 5mm + losa hormigón (*) $\square R=5 / \square L=16$	Falso techo PYL + 7cm cámara de aire (*) $\square R=16 / \square L=19$	LHD9 (R=42) PYL 15 + cámara rellena de roca en ambas caras ($\square R=19$, un trasdosado)	PYL 13/46/13 (cámara lana mineral) R = 41	Ladrillo perforado 12cm (R=46) PYL 15cm+lana de roca ($\square R=19$)	D _{NT,A} horizontal:56 D _{NT,A} vertical:59 L _{NT,W} vertical:55
Ancho nervio: 12cm Canto: 25+5cm Intereje 80 x 80cm Yeso: 1cm R=51 / L=77	Pe Reticulado TECOFON 5mm + losa hormigón (*) $\square R=5 / \square L=16$	Sin falso techo	LHD9 (R=42) PYL 15 + cámara rellena de roca en ambas caras ($\square R=19$, un trasdosado)	PYL 13/46/13 (cámara lana mineral) R = 41	Termoarcilla 24 cm + yeso 1cm R=52	D _{NT,A} horizontal:51 D _{NT,A} vertical:52 L _{NT,W} vertical:62