

¿Existe una alternativa cerámica al forjado reticular con casetones perdidos de hormigón?

Ricardo Castelló Albiñana. Arquitecto / Arquitecto Técnico
Director general de Cypemaroc sarl. Distribuidor de CYPE en Marruecos



Cómo crear un volumen cerámico de dimensiones exteriores: 800 x 800 x 250 (por ejemplo), con las ocho caras cerradas, que se pueda producir mediante un proceso de fabricación por extrusión, que sea un sistema ligero, con una fácil puesta en obra, sin pérdidas en el transporte, con las correspondientes propiedades térmicas y acústicas, y que, sobre todo, sea un sistema competitivo en precio.

Empeñada en dar respuesta a ello, CERAMICA PEÑO S.L., una empresa con más de 60 años de experiencia en la fabricación de productos cerámicos, creada en Talavera de la Reina en 1976, acaba de presentar al mercado su propuesta de casetón cerámico perdido para forjados reticulares con el apellido CRECE®. En el presente artículo se analizará detalladamente dicha propuesta.

RECORDATORIO: EL FORJADO RETICULAR

Según el Ingeniero D. Florentino Regalado, **“el forjado reticular configura una placa nervada, en forma de losa de hormigón armada en dos direcciones ortogonales. Este tipo de forjados no suele presentar vigas acusadas y, en consecuencia, pertenece a la familia de los forjados planos”**. (*Los forjados reticulares: Diseño, análisis, construcción y patología*. Florentino Regalado Tesoro. CYPE Ingenieros, SA. ISBN 84-930696-5-5, Edición 2003.)

Debido a la acumulación de esfuerzos y tensiones, sobre y alrededor de los pilares, se prescinde de los aligeramientos en dichas zonas y la placa se maciza. Esa zona maciza recibe el nombre de ábaco. El ábaco puede quedar embebido en el espesor de la placa (tendencia mayoritaria en la actualidad para la consecución de forjados planos) o quedar acusado inferiormente (forma recta o biselada) inferiormente, en proyectos que contemplan grandes luces y cargas elevadas.

Dentro de los forjados reticulares se distinguen los forjados con casetón recuperable y los de casetón perdido.

Naturalmente, el casetón recuperable presenta ventajas por su menor peso, aligerando el peso total de la estructura, pero como contrapartida, tiene inconvenientes de tipo térmico y acústico, así como en relación con los parámetros a evaluar para garantizar el requisito de seguridad en caso de incendio. En el caso de casetones perdidos, las ventajas que aportan en las prestaciones técnicas anteriormente mencionadas, les hace ser una solución óptima como aligeramiento de las estructuras, al tiempo que se garantizan las propiedades mecánicas del forjado, mediante una adecuada geometría de las piezas.

CASETÓN CERÁMICO PROPUESTO

La pieza propuesta, presenta una forma de prisma rectangular, con espacios interiores más grandes, en cuya parte superior se disponen zonas de debilidad, creadas por **pre-cortes** o por zonas de menor espesor. Los espacios están preferentemente a diferente distancia del borde más próximo, y pueden ser de distintas o iguales dimensiones. En este caso conforman **dos posibles futuros nervios** de diferentes anchos, según la propuesta del fabricante. En este caso 12 cm y 14 cm respectivamente.

Una vez se elimina una de las partes superiores (zonas de debilidad) de los espacios más grandes queda una pieza en forma de “6” tumbado o de “uo” sobre la que se puede alojar un nervio de forjado reticular.



Fig. 1. Casetón Recuperable.



Fig. 2. Casetón perdido.

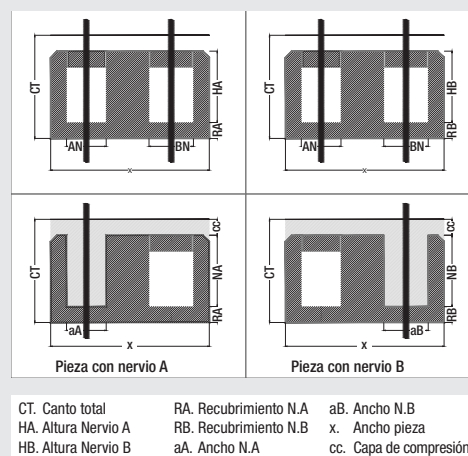


Fig. 3. Sección de la pieza.

La primera pieza formalmente presentada de la serie CRECE n12/800X800/25+5/Ct34, tiene las dimensiones que a continuación se detallan, y se disponen según el esquema de la Fig. 4.

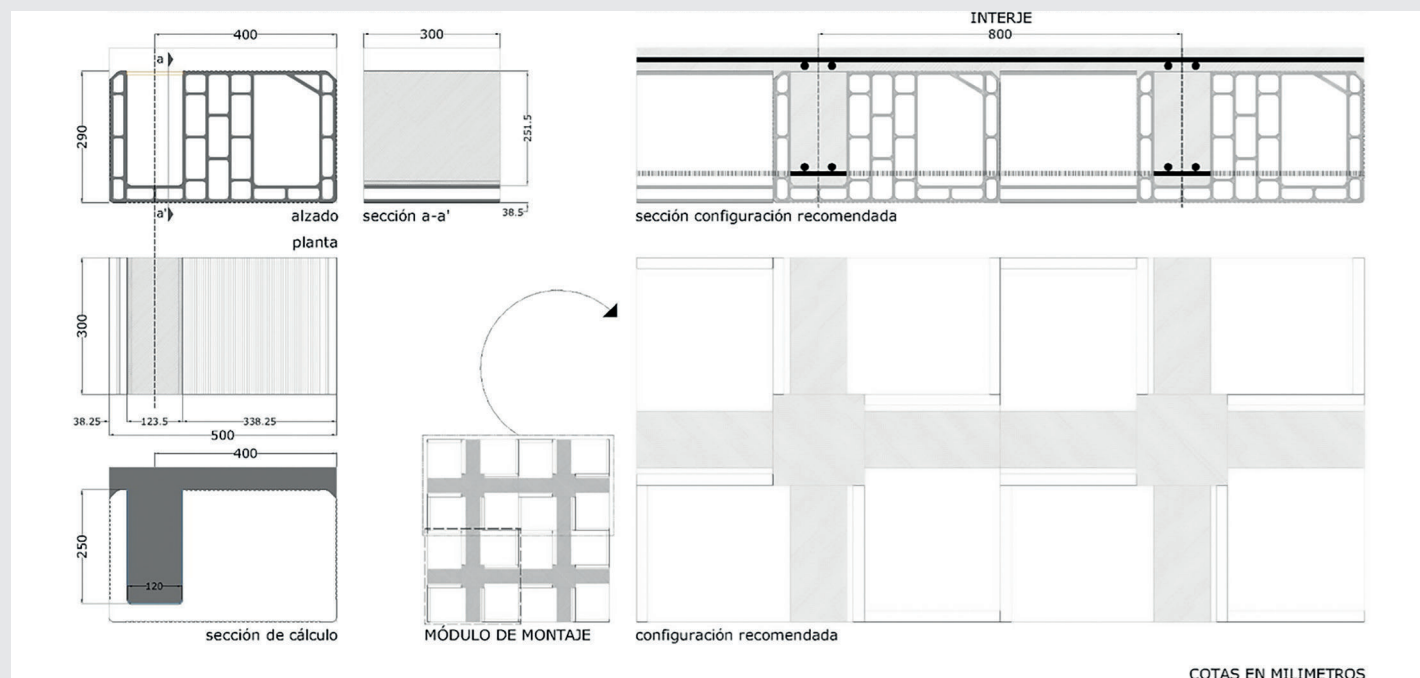


Fig. 4. Detalle de la pieza y del montaje.

Las primeras diferencias que podemos observar en comparación a un forjado reticular de casetón perdido de hormigón son:

1. **El nervio está recubierto inferiormente**, por lo que la altura total del forjado es superior a la convencional, o a la requerida por cálculo.
2. **Los cruces de los nervios se ensanchan** y llegan hasta el suelo del forjado, sin recubrimiento.
3. **El módulo de montaje tiene 4 piezas**, siendo sin embargo convencional en los forjados reticulares con bloque hormigón, la utilización de sólo tres o incluso de dos bloques.
4. **El módulo de montaje aloja en su centro el cruce de los nervios**, siendo normalmente, el módulo de montaje el limitado por los nervios.
5. **Las piezas se colocan en aspa**. Una pieza fabricada por extrusión tiene dos caras abiertas. Con esta disposición en aspa se cierran las caras abiertas, evitando la penetración del hormigón.
6. **Las piezas se colocan a tope**. Una vez ejecutado un módulo, el resto de los módulos se colocan a tope del módulo inicial. Los nervios se generan en el interior de la pieza, no entre las piezas.

CONSECUENCIAS ESTRUCTURALES DE LA PIEZA PROPUESTA

Las diferencias geométricas advertidas en el punto anterior producen de inmediato una transformación en el modelo utilizado para el cálculo de este tipo de forjado.

Los parámetros que nos sugiere CYPE en su versión 2020. E, de su programa de cálculo CYPECAD, en la cual ya se han implementado los forjados reticulares de casetón cerámico perdido CRECE®, son los siguientes:

- Número de piezas por módulo
- Canto total del forjado (h)
- Capa de compresión (c)
- Espesor bajo nervio (d)
- Intereje (b)
- Ancho de nervio (a)
- Volumen de hormigón
- Peso de forjado

A tener en cuenta:

- **Altura del ábaco.** La altura del ábaco es igual o superior al canto del forjado (h) (como mínimo), puesto que en los ábacos se aumenta la altura del recubrimiento del nervio, presentando con ello una mayor altura. Si recordamos "(...) Debido a la acumulación de esfuerzos y tensiones, sobre y alrededor de los pilares..." esto en principio no es malo, puesto que al aumentar la altura del ábaco se mejora el comportamiento del mismo.
- **Altura de las vigas.** Por la misma razón, la altura de todas las vigas del forjado en principio se igualará como mínimo al canto del forjado, es decir, aumentaremos el volumen de hormigón y casi nada de acero, y en principio funcionarán mejor a torsión.

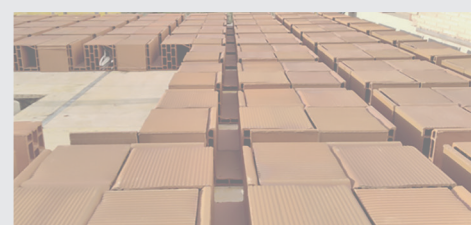


Fig. 5. Imagen de montaje forjado CRECE®.

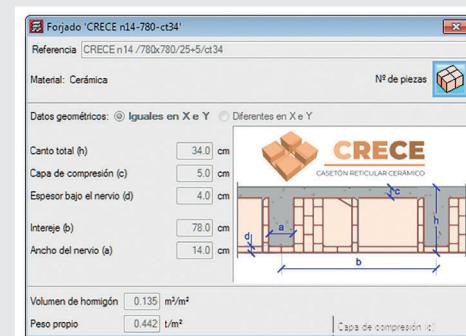
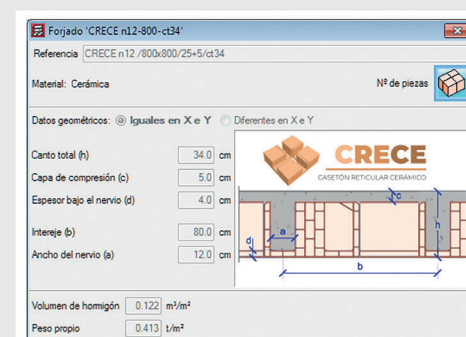


Fig. 6. Programa de cálculo CYPECAD 2020. E. Pantalla Forjado CRECE® n14 y n12.

Estructuralmente el forjado **CRECE®** no tiene más diferencias observables, salvo el **peso propio del forjado**. El peso del forjado cerámico CRECE® es ligeramente inferior en igualdad de condiciones (intereje y canto de nervio) al del forjado de bloque de hormigón (teniendo en cuenta que el peso del forjado contempla 4 piezas por módulo, así como las pérdidas producidas en el encuentro de los nervios, donde el volumen es mayor y además existe penetración en las perforaciones de la cerámica). Este menor peso del forjado se traduce en un ahorro económico en la estructura, pudiendo reducirse las secciones y cuantías de acero de los soportes y las jácenas.

En cuanto a las diferencias en este aspecto, nos remitimos al artículo *El aligeramiento de estructuras con piezas cerámicas*, D. Jordi Marrot i Ticó, Responsable de la unidad de rehabilitación y medio ambiente del CAATEEB (Colegio de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Barcelona), publicado en el número 67 de la revista **conarquitectura**. <https://www.hispalyt.es/es/documentacion-tecnica/articulos-tecnicos>. En el citado artículo, se pormenorizan las diferencias al aligerar estructuras en lo que se refiere a elementos horizontales.

CONSECUENCIAS DE PUESTA EN OBRA

Replanteo. Sin entrar a pormenorizar entre los distintos tipos de encofrado, pues nos basamos en el análisis de la pieza cerámica CRECE® como alternativa al casetón de hormigón, el procedimiento de trabajo sería el que se detalla a continuación.

Una vez tenemos la plataforma de trabajo, la primera tarea a realizar es el replanteo de los elementos estructurales que alberga el forjado.

En cuanto a los ábacos y vigas, no existe ninguna diferencia, pero sí en el replanteo de los nervios. El sistema como ya hemos citado se dispone "a tope", es decir, empezáramos desde una esquina formando un módulo, y adosando otro de forma consecutiva formando filas de módulos. Las piezas son rígidas y de dimensiones regulares (de acuerdo los parámetros impuestos por los controles de producción en fábrica para garantizar la calidad del producto). Es decir, **no necesitamos replantear los nervios**. Los nervios surgen como consecuencia de **colocar las piezas en aspa y a tope**.

El sistema garantiza la alineación de los nervios sin el replanteo de estos. Algo parecido a lo que ocurre con el sistema FOREL de poliestireno expandido, pero con la ventaja añadida en cuanto a otras prestaciones técnicas (acústica, fuego, adherencia, etc.) por tratarse de una pieza cerámica.

Se presentan unas imágenes de la primera experiencia de colocación en Marruecos, en una obra situada en Benguerir, con una pieza más pesada que la presentada por Cerámica Peño S.L. En ellas se puede observar la perfecta alineación de nervios (Fig. 8). Y a continuación se presentan fotos de una obra ejecutada ya con la pieza CRECE® (Fig. 9).

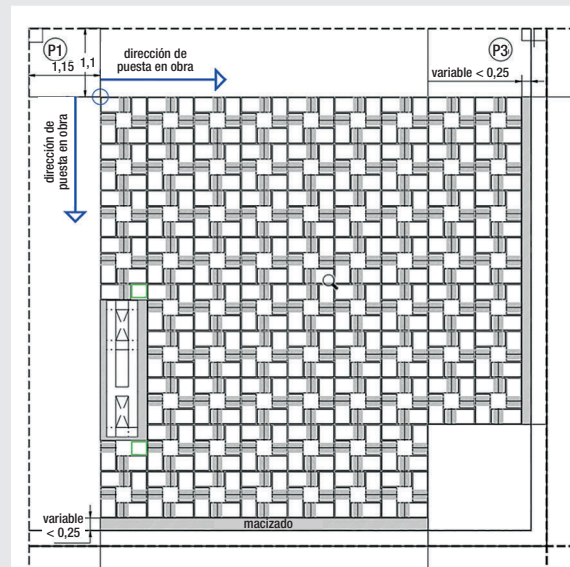


Fig. 7. Replanteo de módulos desde una esquina



Fig. 8. Obra en Benguerir. Colocación casetón cerámico.



Fig. 9. Obra en Villena. Colocación casetón cerámico CRECE®.

Colocación de la pieza

La pieza, como ya hemos comentado, se coloca en aspa. La experiencia de colocación nos dice que **los mismos operarios acercan la pieza al resto con la posición adecuada, y simplemente las empujan con el pie, hasta lograr que queden unidas o a tope.**

Este sistema de colocación evita el movimiento de las piezas durante la ejecución y garantiza la alineación correcta, así como la seguridad de tener unas dimensiones constantes de nervio, sin estrangulamientos, **lo cual supone una garantía para las direcciones facultativas.**

Una vez ejecutados, los módulos no se pueden desplazar, lo cual es un inconveniente si de inicio no se realiza una buena colocación. Sin embargo, en relación con este aspecto, es importante resaltar la simplicidad del montaje del sistema, la cual hace que los operarios entiendan muy fácilmente la forma correcta de disponer de las piezas, garantizándose con ello una adecuada puesta en obra. La disposición de las piezas ya comentada, se tiene que finalizar con el cierre de los laterales de los módulos, al quedar una de cada dos piezas con sus caras abiertas al nervio. Para eso, el fabricante nos recomienda cortar la pieza en dos (la pieza en U y la pieza túnel), tal y como se indica en las Figs. 10, 11 y 12.

Así mismo, y según el esquema indicado, podemos utilizar los dos nervios de la pieza base como refuerzo en el ábaco.

Una pieza de CRECE® ofrece un peso de 16 kg, mientras que una de bloque de hormigón está aproximadamente en 25 kg. La ligereza de esta pieza cerámica en comparación con su equivalente de hormigón, reduce de forma importante el riesgo de los operarios a experimentar lesiones durante su manipulación, al tiempo que facilita su colocación, mejorando con ello considerablemente el rendimiento en obra. En este apartado nos remitimos otra vez al artículo ya publicado *El aligeramiento de estructuras con piezas cerámicas*, D. Jordi Marrot i Ticó. En el último punto se cita la afección del peso de la pieza en cuanto a causas de lesiones laborales. Reproducimos el citado punto:

Además de mejorar el coste económico de la mano de obra se reducen las bajas por enfermedad por sobreesfuerzo y dolor de espalda. Un estudio realizado el año 1990, por el National Safety Council de los EE.UU., puso de manifiesto que la mayor causa de lesiones laborales fue debida a sobreesfuerzos (31 %), siendo la espalda la parte del cuerpo más expuesta a lesiones (22 % de los 1,7 millones de lesiones).

De forma general, el peso máximo que se recomienda no sobrepasar en condiciones ideales de manipulación es de 25 kg. No obstante, si la población expuesta son mujeres o trabajadores jóvenes o mayores, o si se quiere proteger a la mayoría de la población, no se aconseja manejar cargas superiores a 15 kg, siendo este el peso máximo que puede pesar un casetón cerámico.

Cuando se sobrepasan estos valores de peso, se deben de tomar medidas preventivas de forma que el trabajador no manipule las cargas, o que consiga que el peso manipulado sea menor. Entre estas medidas se pueden tomar las siguientes:

- Uso de ayudas mecánicas
- Levantamiento de las cargas entre dos personas.
- Reducción de los pesos de las cargas manipuladas en posible combinación con la reducción de la frecuencia, etc.

Armado y hormigonado del forjado reticular

El armado y el hormigonado del forjado bidireccional de casetones cerámicos no ofrece ninguna diferencia con los convencionales. No obstante, sería conveniente revisar la resistencia a punzonamiento, parámetro clave para asegurar las condiciones de ejecución y no tener accidentes durante la colocación del acero y vertido de hormigón. Otro aspecto a destacar, es la facilidad de atado de barras en los cruces. El ensanchamiento producido por la disposición de las piezas ayuda a la colocación y atado de barras en los cruces de los nervios.

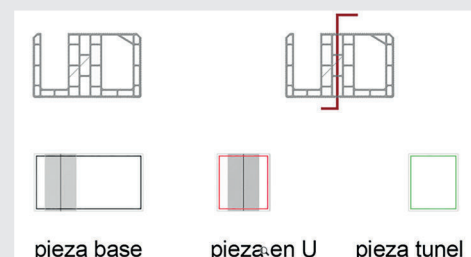
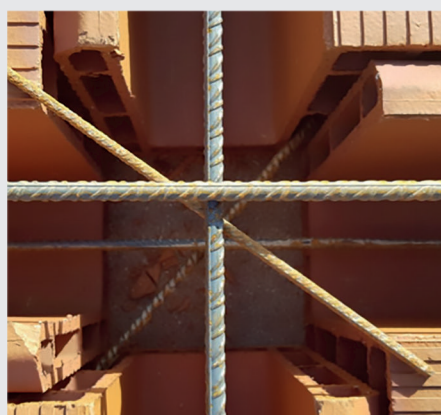


Fig. 10. Pieza en U y pieza túnel, a partir de la pieza base.

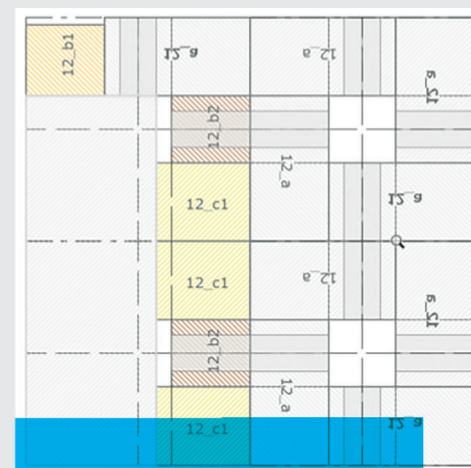


Fig. 11. Pieza túnel girada. Pieza en U "12_c1=Pieza túnel girada. 12_b2= Pieza en U".

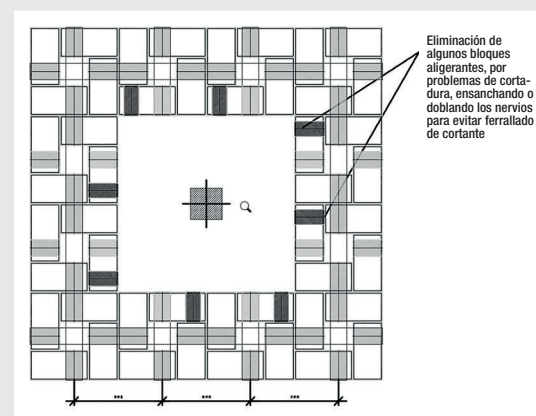


Fig. 12. Refuerzo en ábacos. Eliminación de bloques/Piezas en U.

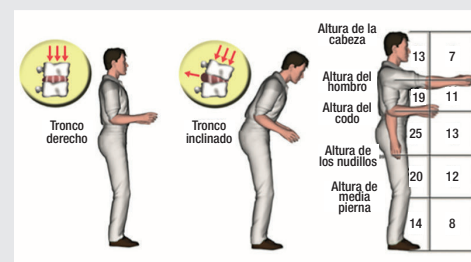


Fig. 13. Recomendación de pesos máximos a soportar a diferentes alturas para evitar lesiones (kg).

Fig. 14. Ensanchamiento en el encuentro de los nervios.

Desencofrado

En términos de tiempo de desencofrado no existen diferencias. No obstante, hemos observado de inicio, que en los cruces de los nervios no existía recubrimiento, y que el hormigón llegaba hasta el suelo del forjado. Estos datos de hormigón son utilizados para apuntalar el forjado durante las diferentes etapas del desencofrado, ya que dicho apuntalamiento no se podría realizar sobre la cerámica.



Fig. 15. Parte inferior de forjado. Datos generados en cruces de nervio, válidos como apoyos durante la fase de desencofrado.

Vida útil y sostenibilidad de la pieza

La vida útil de la cerámica se establece en 100 años. Está demostrado, que el transcurso del tiempo no afecta a las propiedades de la cerámica. Como el resto de los materiales cerámicos, la pieza CRECE® es un producto sostenible. La sostenibilidad de los materiales es un valor cada vez más importante en nuestra sociedad, por las implicaciones medioambientales, económicas y sociales que implica. Con el fin de demostrar de forma clara y rigurosa la sostenibilidad de sus productos, la Sección de Forjados de Hispalyt, a la cual pertenece Cerámica Peño, dispone de la DAP (Declaración Ambiental de Producto) de bovedillas y casetones cerámicos. Se trata de una DAP del tipo de cuna a tumba, es decir, incluye la etapa de producto, construcción, uso del edificio y fin de vida. Esta DAP ha sido verificada por AENOR y está publicada en su programa GlobalEPD.

PROPIEDADES TÉRMICAS Y ACÚSTICA

Para la caracterización térmica y acústica del sistema CRECE®, nos podemos remitir a los valores de referencia del Catálogo de Elementos Constructivos (CEC) del Ministerio de Fomento.

Propiedades Térmicas	según CEC. Apartado 3.18.2	R (m ² ·K/ W)	0,20
Nota: Los valores de R son válidos para forjados reticulares con un porcentaje de ábacos menor o igual que el 30 %. Incluyen también la capa de compresión. En el caso de los forjados CRECE®, al presentar una pieza cerámica recubriendo los nervios, el comportamiento térmico del forjado mejorará con respecto a los valores considerados			
Propiedades Acústicas	según CEC. Apartado 3.18.2	R _A (57 dBA) / R _{Aw} (52 dBA) / L _{n,w} (72 dB)	
Nota: Los datos de R _A , de R _{Aw} y de L _{n,w} se aplican a forjados sin enlucir. Con enlucido el R _A y R _{Aw} aumentan sus valores en 2 dB y el L _{n,w} disminuye su valor en 2 dB			

SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

El sistema CRECE®, por su naturaleza cerámica, tiene un comportamiento óptimo frente al fuego. Presenta una clase de reacción a fuego A1, la máxima posible, siendo incombustible. Por otro lado, el que con este sistema los nervios queden protegidos por una pieza cerámica, aporta al forjado una elevada estabilidad e integridad en caso de incendio.

La resistencia al fuego R del forjado se debe calcular con el Anejo C del DB SI, en función de parámetros como el recubrimiento de las armaduras o la dimensión mínima del nervio. Las soluciones de forjados cerámicos reticulares con sistema CRECE® alcanzan, como mínimo, una resistencia al fuego R-90. Esta resistencia se puede mejorar hasta R-120 si se aplica un revestimiento de yeso por su cara inferior.

Para cualquier tipo de forjado, es necesario respetar unos recubrimientos mínimos de las armaduras inferiores de los nervios para cumplir una determinada resistencia al fuego. En este sentido, el sistema CRECE®, al contar con un revestimiento cerámico a lo largo de la cara inferior de los nervios, aporta una protección adicional a estas armaduras, lo que supone una garantía extra en el mantenimiento de resistencia estructural en caso de incendio.

POSIBILIDAD DE ALOJAR INSTALACIONES

El nervio del forjado está recubierto en su cara inferior, en este caso por una pieza cerámica de espesor 38 mm, por lo que existe la posibilidad de alojar instalaciones de pequeño diámetro. Esta capacidad permite, en determinados casos, eliminar el falso techo, con las ventajas que ello conlleva, por ejemplo, la reducción de la altura libre entre forjados y un ahorro en el precio/m² de construcción.

CONCLUSIONES

Hemos realizado una pregunta en el título del artículo. En relación con esa cuestión, en base a lo comentado en este artículo, entendemos que sí que existe una alternativa cerámica al forjado reticular de bloques de hormigón por las siguientes razones:

- La LIGEREZA DEL FORJADO. El peso de la pieza CRECE® está por debajo del peso del casetón de hormigón, y ello conlleva una reducción del coste de acero y hormigón.
- La FACILIDAD DE COLOCACIÓN DE LAS PIEZAS. La reducción de la fase de replanteo, así como el menor peso de la pieza posibilita MAYORES RENDIMIENTOS EN OBRA.
- La ALINEACIÓN DE LOS NERVIOS (intrínseca al sistema), es una garantía para las direcciones facultativas.
- La POSIBILIDAD DE ALOJAR INSTALACIONES BAJO EL NERVO supone un ahorro económico en el global de la obra.

Por otro lado, los forjados de entrevigado cerámico se adaptan perfectamente al cumplimiento de las exigencias reglamentarias recogidas en el Código Técnico de la Edificación, existiendo diferentes herramientas de ayuda al proyectista para el diseño de estos forjados. En relación con el cálculo estructural, el ahorro en secciones y cuantías de armado de la estructura que supone el empleo del sistema CRECE®, ya se puede comprobar mediante cálculo en la versión 2020. E, del programa de cálculo CYPECAD. Los tipos incluidos a la espera de las nuevas series son:

- CRECE n14-780-ct34. (Nervio 14_25+5, Inter eje 780, canto total 34 cm)
- CRECE n12-800-ct34. (Nervio 12_25+5, Inter eje 800, canto total 34 cm)

+ en www.conarquitectura.com



Producto: CRECE®

Dirigido a: Proyectista

Contenidos: Diseño

Los artículos técnicos son facilitados por Hispalyt (asociación española de fabricantes de ladrillos y tejas de arcilla cocida) y forman parte de los programas de investigación que desarrolla sobre los distintos materiales cerámicos y su aplicación.