NUEVA ARQUITECTURA Y DISEÑO DE FORJADOS CERÁMICOS

HISPALYT

FORJADOS HISPALYT

HISPALYT

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA COCIDA

- Agrupa a unas 90 empresas fabricantes de productos de cerámica estructural.
- Defiende los intereses del sector en España e impulsa y promociona la utilización de los materiales cerámicos.
- Promueve la investigación de nuevos productos y sistemas constructivos y la formación a profesionales.

HISPALYT
CERÁMICA PARA CONSTRUIR

www.hispalyt.es

SECCIÓN DE FORJADOS

- Hispalyt organiza su actividad a través de seis secciones de productos cerámicos.
- La **Sección de Forjados** trabaja para dar a conocer las ventajas y prestaciones técnicas de los forjados construidos con bovedillas cerámicas.
- Edita distintas publicaciones con el fin de garantizar una eficaz implantación de las bovedillas cerámicas en el mercado.
- Web: **www.bovedillaceramica.es**

FORJADOS
HISPALYT

PUBLICACIONES

- **Catálogo de Soluciones Cerámicas para el Cumplimiento del CTE.**
- **Catálogos y manuales de ejecución e instalación** de las distintas soluciones cerámicas.
- **Aplicaciones informáticas:** Herramienta de diseño acústico SILENSIS y programa de cálculo de muros de termoarcilla y ladrillo (CMT+L).
- **Artículos Técnicos,** en colaboración activa con la revista **Conarquitectura.**
- **Publicaciones de interés general** para el sector de la cerámica estructural.

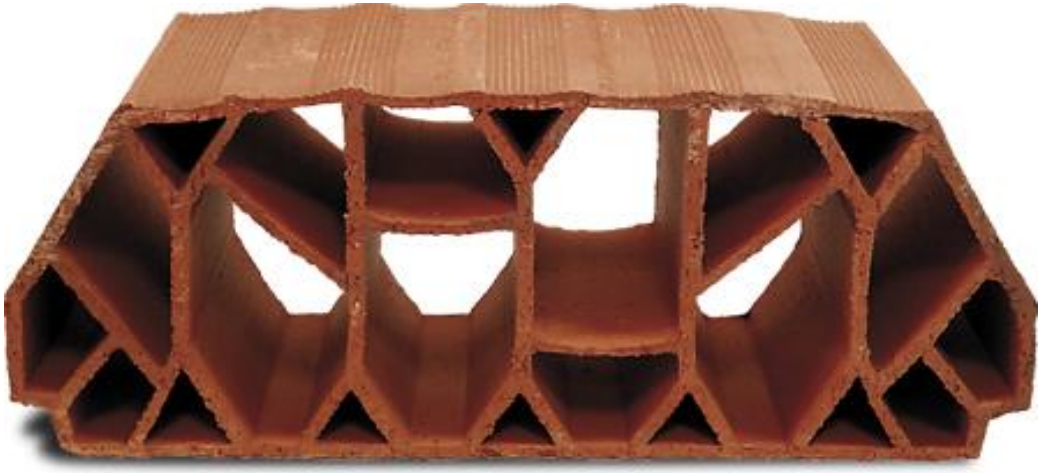
ÍNDICE

1. BOVEDILLA CERÁMICA	6
Tipos y formatos	7
Características técnicas	13
Sostenibilidad	17
2. FORJADOS CERÁMICOS	19
Tipos	19
Características técnicas	21
3. VENTAJAS DE LAS BOVEDILLAS Y FORJADOS CERÁMICOS	26
Bovedillas cerámicas *VS* otros materiales	26
Forjados cerámicos *VS* otros materiales	29
Ventajas económicas de los forjados cerámicos	31
4. DISEÑO DE FORJADOS CERÁMICOS. EXIGENCIAS DEL CTE	36
DB-SE. Seguridad estructural	37
DB-SI. Seguridad en caso de incendio	51
DB-HR. Protección frente al ruido	65
DB-HE. Ahorro de energía	89
5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS	105
Obras de estética tradicional	106
Edificios vanguardistas	107
Edificios vanguardistas – Forjados vistos	113
Otros usos imprevistos	132

FORJADOS
HISPALYT

BOVEDILLA CERÁMICA

* **DEFINICIÓN**: **piezas con forma trapezoidal y gran volumen de huecos** en su sección, obtenidas mediante moldeo, secado y cocción de una pasta arcillosa.
* **EMPLEO**: **piezas de entrevigado en la construcción de forjados** unidireccionales y reticulares.
* **MISIÓN**: servir de **encofrado perdido** al hormigón del forjado, actuando como pieza aligerante de los mismos y, en algunos casos, también colaborar como elemento resistente.



TIPOS Y FORMATOS

* **Según su función** (norma UNE-EN 15037-3):

Bovedilla aligerante (LNR)
y
no resistente (NR):

Son las que actualmente se fabrican en España

- Única función mecánica: encofrado perdido.
- Necesitan capa estructural de hormigón "in situ".

Bovedilla semi-resistente (SR)
y
resistente (RR):

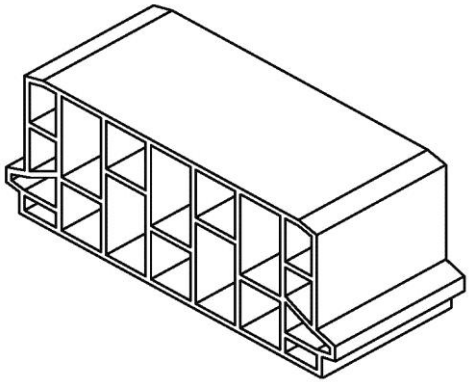
Actualmente no se fabrican en España

- Participan en la transmisión de las cargas a las viguetas.
- Bovedillas RR: sus alas superiores pueden funcionar como losa de compresión.

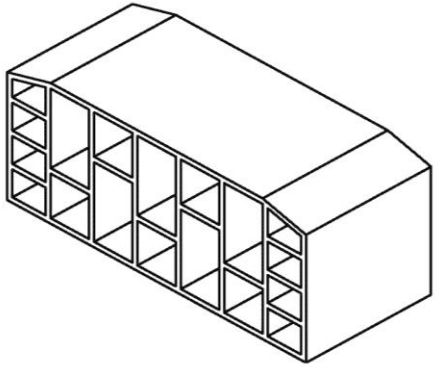
TIPOS Y FORMATOS

* **Según la tipología de forjado:**

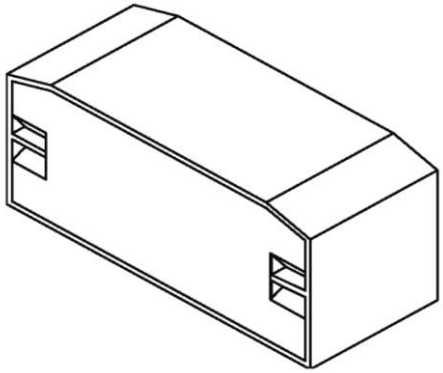
  - ***Bovedilla cerámica con aletas o calces:*** para forjados unidireccionales con viguetas prefabricadas.



  - ***Casetón o bovedilla cerámica sin aletas:*** para forjados unidireccionales, con viguetas hormigonadas “in situ”.



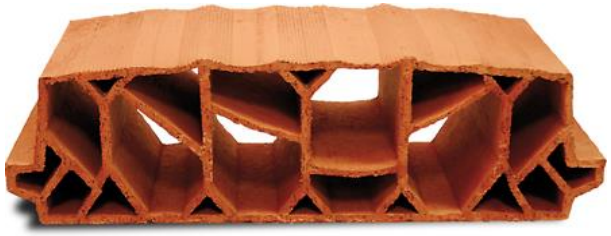
  - ***Casetón o bovedilla cerámica sin aletas y cegada:*** para forjados reticulares.



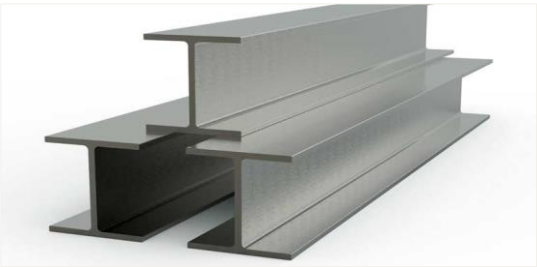
TIPOS Y FORMATOS

* Dentro de las bovedillas **con aletas de apoyo o calces,** hay dos subtipos en función del **material de la vigueta:**

- *Para viguetas de **hormigón***: la distancia de la base de la bovedilla a la aleta es mayor para el alojamiento de la vigueta prefabricada.



- *Para viguetas **metálicas***: la distancia de la base de la bovedilla a la aleta es menor para un mejor encaje contra la vigueta metálica.



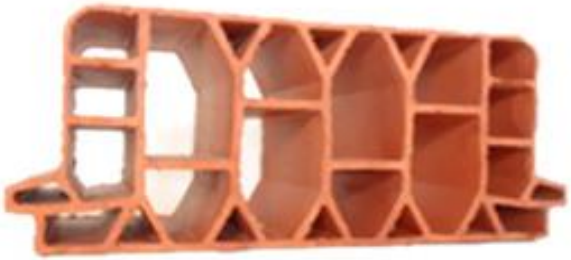
TIPOS Y FORMATOS

* **Según su forma:**

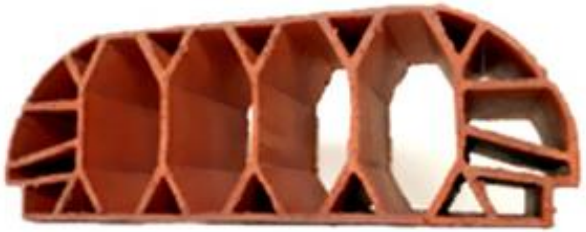
Plana

Curva

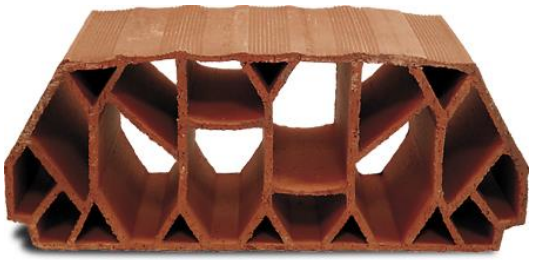
En curva invertida



Hombro recto



Hombro curvo



Hombro plano

TIPOS Y FORMATOS

* **Según su acabado:**

Decorada

Rasilla rayada

Lisa

Lobulada

Con taladro para luminaria

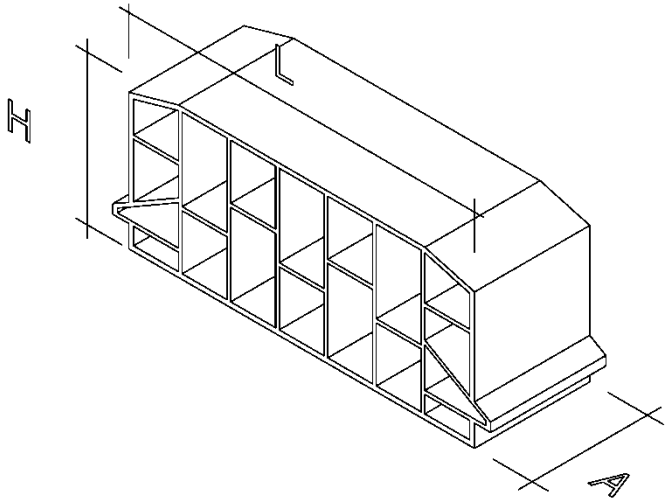
Raspada

1. BOVEDILLA CERÁMICA

TIPOS Y FORMATOS

* Formatos por dimensiones:

DIMENSIONES CONVENCIONALES (cm)		
Longitud (L)	Anchura (A)	Altura (H)
60 / 70	25	25



RANGOS DE DIMENSIONES DISPONIBLES EN EL MERCADO (cm)		
Longitud (L)	Anchura (A)	Altura (H)
De 50 a 70	De 22 a 25	De 10 a 30

Buscador de fabricantes en la web
www.hispalyt.es

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

* **NORMA UNE-EN 15037-3:**

- Define las características esenciales de las bovedillas y los métodos de ensayo para su declaración.
- Sistemas de Evaluación y Verificación de la Constancia de Prestaciones (EVCP) 2+.
- Declaración de prestaciones (DoP) y etiquetado CE.
- Actualmente está **en desarrollo la norma armonizada de los casetones cerámicos** para forjados "in situ".

Características declaradas: MUY EXIGENTES

Hacen de las bovedillas cerámicas un material de **GRAN CALIDAD** Y **DURABILIDAD.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

En las siguientes tablas se incluyen las **características declaradas aplicables a bovedillas aligerantes y no resistentes** (LNR y NR), que son las únicas que actualmente se fabrican en España.

* **Dimensiones de la bovedilla:**

CARACTERÍSTICA DECLARADA		CRITERIO DE APLICACIÓN	MÉTODO DE ENSAYO
DIMENSIONES DE LA BOVEDILLA	Rango de desviación de la anchura	≤ 2,5 %	Apdo. 5.1.1 UNE-EN 15037-3
	Anchura	T1, T2 ó T3 *	
	Longitud		
	Altura		

*T1, T2 y T3: Indican las tolerancias en las dimensiones de anchura, altura y longitud.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

* **Geometría de las partes de la bovedilla:**

CARACTERÍSTICA DECLARADA		CRITERIO DE APLICACIÓN	MÉTODO ENSAYO
Anchura del ala de apoyo		± 3 mm	Apdo. 5.1.2 UNE-EN 15037-3
Profundidad del ala de apoyo		± 5 mm	
Características superficiales (Ver Nota 1)	Desconchados	Dimensión media < 15 mm	UNE 67039
		Nº de desconchados / dm2 ≤ 3 con dimensión media entre 7 y 15 mm	

NOTA 1: La norma UNE-EN 15037-3 no obliga a declarar las "Características superficiales", pero establece que las bovedillas no deben tener fisuras ni desconchados que puedan ser perjudiciales para su correcta función mecánica. Por ello, los fabricantes españoles declaran el requisito "Características superficiales" de la norma española UNE 67039.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

* Propiedades físicas de la bovedilla:

CARACTERÍSTICA DECLARADA		CRITERIO DE APLICACIÓN		MÉTODO ENSAYO
Resistencia mecánica (Clase R1)	**Punzonamiento**	**LNR**	**≥ 0,7 KN**	**Apdo. 5.2.1 UNE-EN 15037-3**
		NR	**≥ 1,5 KN**	
Resistencia al fuego	Densidad seca aparente	Valor medio dentro de la clase		UNE-EN 772-13
	Configuración de la pieza	De acuerdo a los valores dimensionales obtenidos		UNE-EN 15037-3
Reacción al fuego	**Materia orgánica ≤ 1%**	**Clase A1**		**No necesita ensayarse**
	Materia orgánica > 1%	Conformidad del resultado del ensayo con la categoría declarada por el fabricante		UNE-EN 13501-1
Prop. acústicas	Densidad seca aparente	Valor medio dentro de la clase		UNE-EN 772-13
	Configuración de la pieza	De acuerdo a los valores dimensionales obtenidos		UNE-EN 15037-3
Prop. térmicas ($\lambda_{equiv.\ Pieza}$)	Catálogo	Conformidad con el valor tabulado en el CEC		-
	Densidad seca aparente y configuración	Valor medio dentro de la clase // valores dimensionales obtenidos		UNE-EN 772-13 // UNE-EN 15037-3
Durabilidad		**F0 sin necesidad de ensayo**		**5.2.6 UNE-EN 771-1**
Expansión por humedad		**A_m ≤ 0,6 mm/m**		**UNE-EN 772-19**

SOSTENIBILIDAD

* **Criterios de sostenibilidad:**

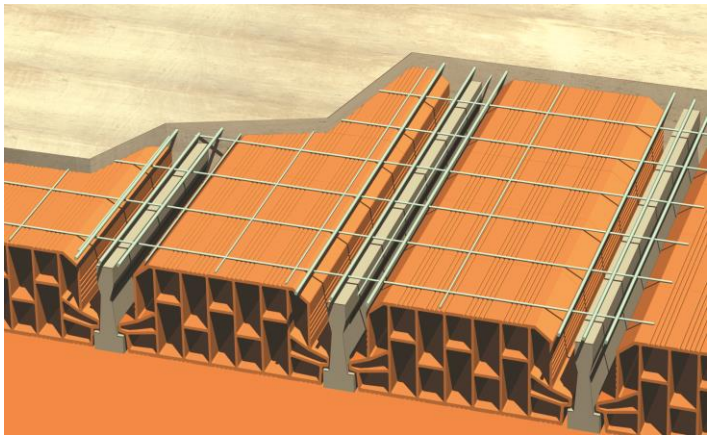
- Materias primas naturales
- Extracción de forma responsable
- Producción eficiente
- Durabilidad y resistencia al fuego
- Ambiente saludable y confortable
- Contribución al aislamiento térmico
- Elevadas prestaciones / Bajo precio
- Larga vida útil / Poco mantenimiento
- Contribuyen a la economía circular
- Respeto por el medio ambiente

SOSTENIBILIDAD

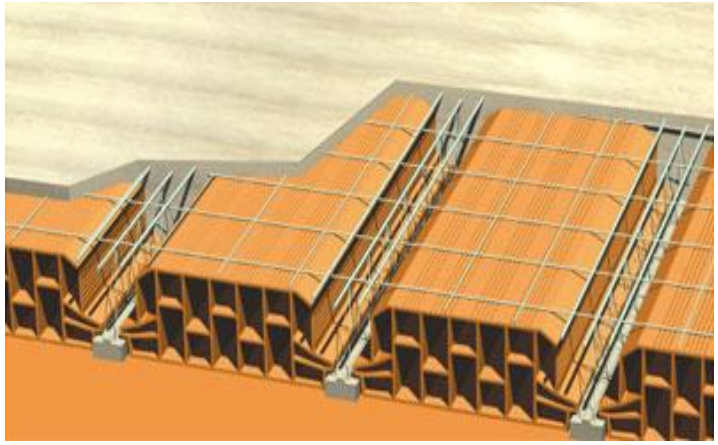
* **DAP de la bovedilla cerámica:**
  - Las bovedillas cerámicas cuentan con la ETIQUETA MEDIOAMBIENTAL III: **DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO** (DAP)
  - La DAP se basa en el ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV).

TIPOS

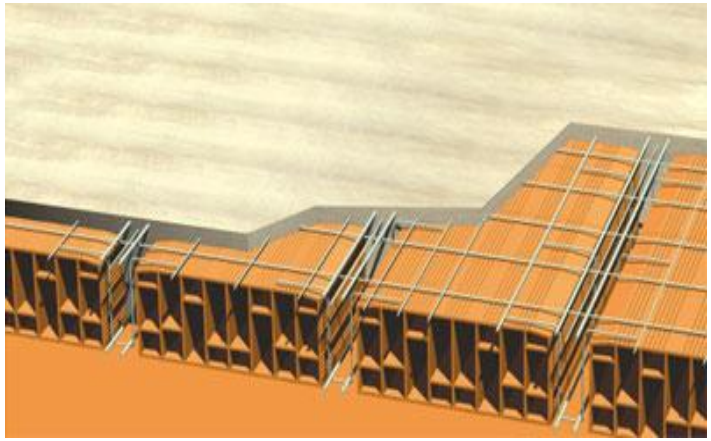
* **Forjados unidireccionales:**



Viguetas pretensadas

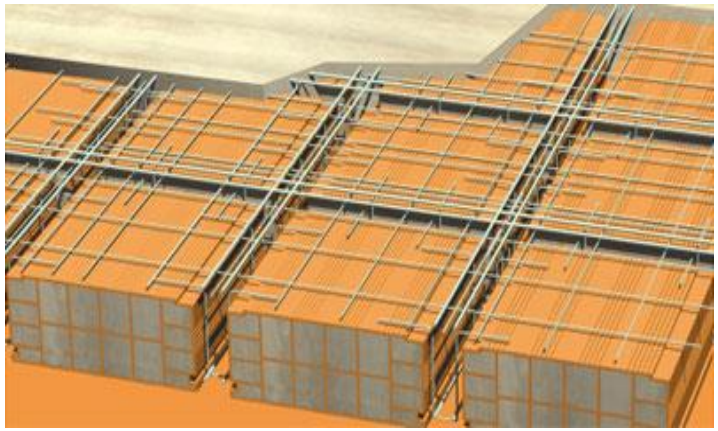


Viguetas armadas



Nervios “in situ”

* **Forjados bidireccionales (reticulares):**

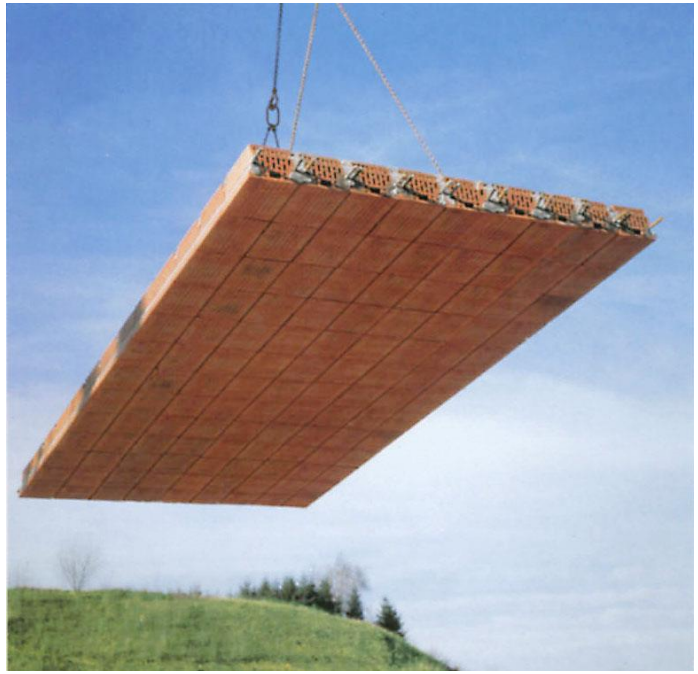


Forjados reticulares
con nervios “in situ”

TIPOS

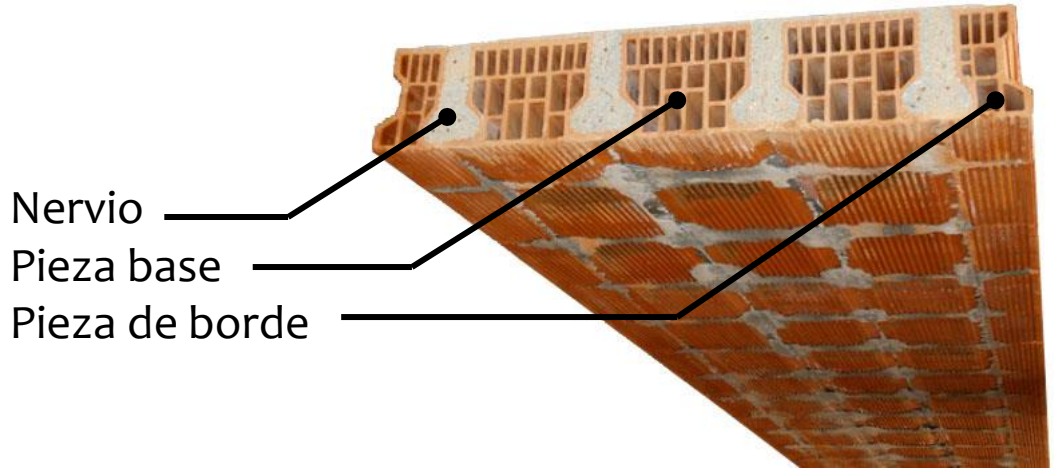
* **Placas cerámicas:**

Placas prefabricadas adosadas unas a otras longitudinalmente, formadas por:



- Piezas cerámicas
  (pieza base y pieza borde).

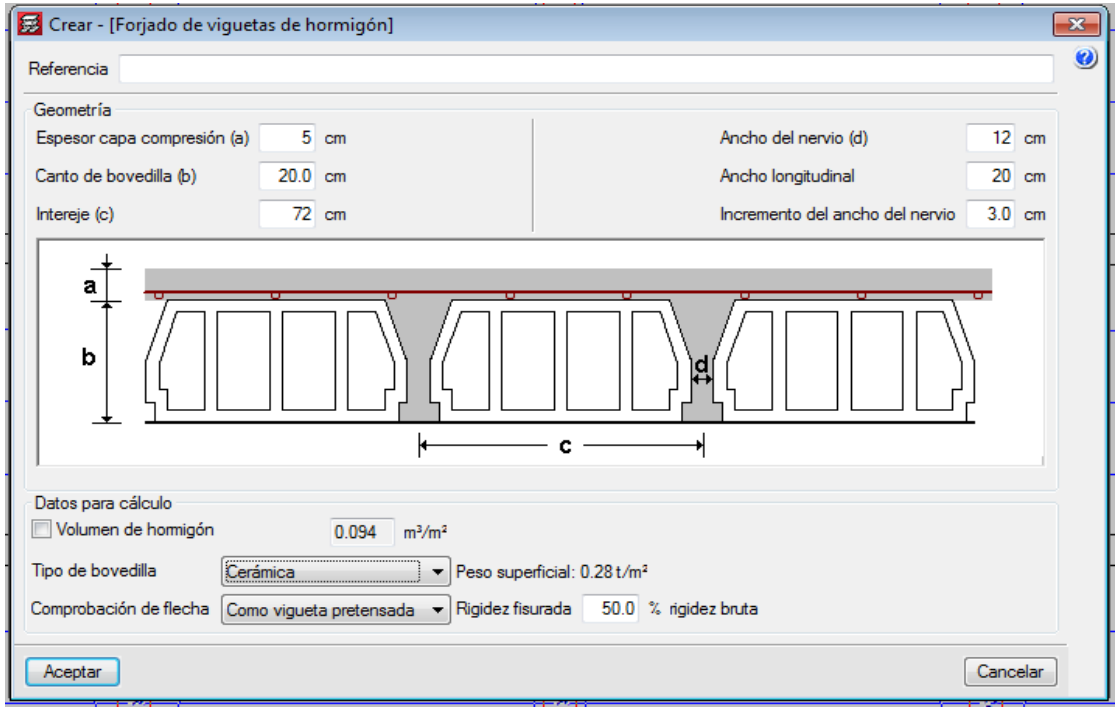
- Nervios longitudinales de hormigón
  (armados o pretensados).



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

LIGEREZA = ECONOMÍA

Menor peso propio de la estructura



Facilidad de colocación

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

RESISTENCIA = SEGURIDAD Y ECONOMÍA

Seguridad durante la puesta en obra

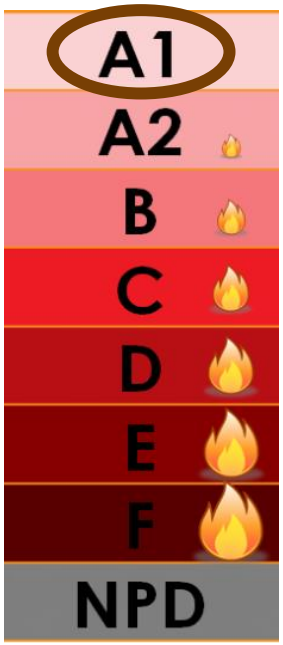
Ausencia de roturas y durabilidad

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

BUEN COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

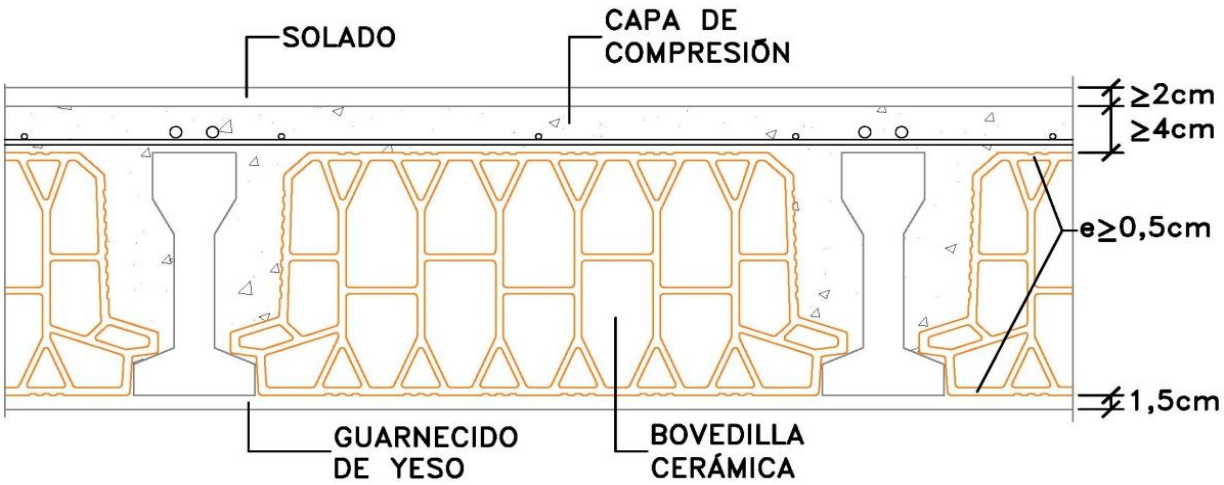
Clase óptima de reacción al fuego:

A1 = SIN REACCIÓN



Alta resistencia al fuego:

EI 120 como mínimo y hasta EI 240
en forjados unidireccionales y reticulares con bovedilla cerámica y guarnecidos inferiormente.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

UTILIZACIÓN COMO ELEMENTO VISTO

COMPATIBILIDAD CON OTROS MATERIALES

Buena adherencia al hormigón
y a morteros de yeso y cemento

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

VENTAJAS Y BENEFICIOS DE LOS FORJADOS CERÁMICOS

- **Ligereza del forjado** = Estructuras más ligeras y económicas.
- **Bovedillas ligeras y manejables** = Rapidez y seguridad en su colocación. Ahorro en mano de obra.
- **Resistencia elevada de la bovedilla** = Seguridad en su puesta en obra y durabilidad.
- **Buen comportamiento frente al fuego** = No necesita revestimientos adicionales.
- **Puede utilizarse como elemento visto** = Versatilidad en el diseño y ahorro en los acabados.
- **Buena adherencia al yeso** = Facilidad en la aplicación y durabilidad de los guarnecidos.
- **Alta disponibilidad** = Disponibilidad del producto y rapidez de suministro.
- **Buen comportamiento térmico** = Reducción del aislamiento térmico y ahorro energético.
- **Material sostenible** = Economía circular

BOVEDILLAS CERÁMICAS *vs* OTROS MATERIALES

* **Bovedillas más habituales en el mercado:**

- Bovedilla cerámica.
- Bovedilla de hormigón.
- Bovedilla de hormigón ligero.
- Bovedillas mecanizadas de EPS.

BOVEDILLAS CERÁMICAS *vs* OTROS MATERIALES

BOVEDILLAS DE OTROS MATERIALES en comparación con las bovedillas cerámicas	
Hormigón	• **MAYOR PESO** = Estructura más pesada y costosa. • **MENOR RENDIMIENTO EN OBRA** = Mayor coste de ejecución. • **MATERIAL MÁS HETEROGÉNEO** (árido + aglomerante) = Fisuras y nidos de árido. • **PEOR AISLAMIENTO TÉRMICO** = Mayor gasto en aislamiento térmico.
Hormigón Ligero	• **RESISTENCIA LIMITADA** = Menor durabilidad y problemas en cuelgue de cargas. • **PRECIO MÁS ELEVADO** = Encarecimiento del edificio. • **DISPONIBILIDAD LIMITADA** = Problemas en el suministro.
Poliestireno Expandido	• **POCA RESISTENCIA A CARGAS COLGADAS** = Necesidad de accesorios especiales. • **PROBLEMAS DE ADHERENCIA** = Necesidad de colocar malla de adherencia. • **MAL COMPORTAMIENTO ANTE EL FUEGO** = Imprescindible revestir cara inferior. • **PRECIO MÁS ELEVADO** = Encarecimiento del edificio. • **PEOR AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO** = Uso limitado en cubiertas. • **RIESGO DE DESPLAZAMIENTO AL HORMIGONAR** = Dificultad de puesta en obra.

BOVEDILLAS CERÁMICAS *vs* OTROS MATERIALES

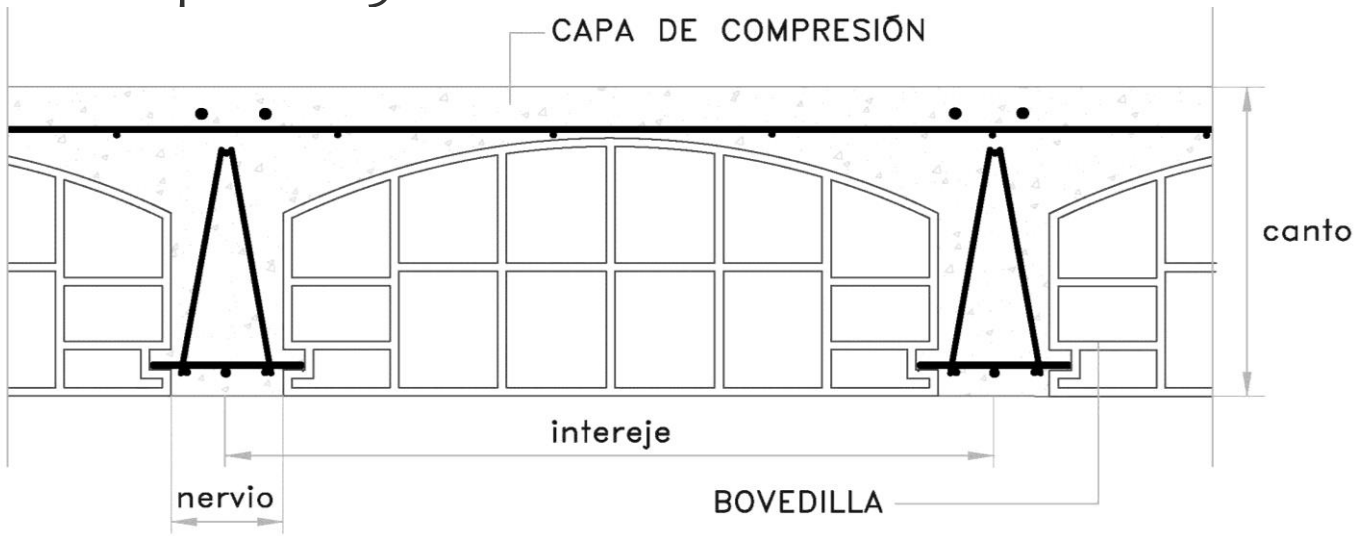
TIPO DE BOVEDILLA:	Densidad aparente ρ (Kg / m³)	Peso por unidad (Kg) (tamaño pieza: 60 x 22 x 20 cm)	Conductividad térmica λ (W/m·°C)	Clasificación de reacción al fuego
CERÁMICA	340 – 420 (1)	9,50 – 11,00 (1)	0,67 (2)	A1 (3)
HORMIGÓN	570 – 640 (1)	15,00 – 17,00 (1)	1,58 (2)	A1 (3)
HORMIGÓN LIGERO ARLITA	320 – 580 (2)	8,40 – 15,30 (2)	1,26 (2)	A1 (3)
EPS MECANIZADO	10 – 35 (2)	0,30 – 0,90 (2)	0,046 – 0,033 (2)	E o F (4)

(1) Valores publicados por diferentes fabricantes de bovedillas.
(2) Valores extraídos del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, excepto (1) y (2).
(3) RD 842/2013, anexo I: Productos de clases A1 y $A1_{FL}$ de reacción al fuego sin necesidad de ensayo.
(4) Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios: Soluciones de Aislamiento con Poliestireno Expandido (EPS) (IDAE – M. de Industria).

FORJADOS CERÁMICOS *vs* OTROS MATERIALES

* **Comparación de los valores recogidos en el CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS del CTE.**
* El forjado unidireccional considerado es:

  - Canto 20 + 5
  - Intereje 70 cm: entrevigado cerámico, de hormigón y de hormigón aligerado.
  - Intereje 60 cm: entrevigado de EPS.
  - Capa de compresión 50 mm



FORJADOS CERÁMICOS *vs* OTROS MATERIALES

TIPO DE BOVEDILLA	Masa (Kg/m²)	Aislamiento térmico R (m²K/W)	Reducción ruido aéreo R_A (dBA)	Reducción ruido aéreo exterior R_{Atr} (dBA)	Reducción ruido de impacto $L_{n,W}$ (dB)
CERÁMICA	305	0,28	52	48	77
HORMIGÓN	332	0,19	53	48	76
HORMIGÓN ALIGERADO	282	0,22	51	48	78
EPS MECANIZADO	200	0,94	45	43	88
Notas:	Sección sin contar con las vigas	Incluye capa de compresión y viguetas	Aplicado a forjados sin enlucir. Con enlucido: R_A y R_{Atr} aumentan sus valores en 2 dB $L_{n,W}$ disminuye su valor en 2 dB		

VENTAJAS ECONÓMICAS DE LOS FORJADOS CERÁMICOS

* **Precios de los forjados con bovedillas de hormigón y bovedillas cerámicas.**

(Datos obtenidos de www.generadordeprecios.org)

Para forjado unidireccional 20+5 con vigas planas y viguetas prefabricadas:	BOVEDILLA DE HORMIGÓN	BOVEDILLA CERÁMICA
Precio bovedilla	2,84 €/m²	4,62 €/m²
M.O. Oficial encofrador	10,59 €/m²	9,47 €/m²
M.O. Ayudante encofrador	9,75 €/m²	8,87 €/m²
Repercusión coste M.O. por m² de forjado:	∑ 23,18 €/m²	∑ 22,96 €/m²

Ligereza y manejabilidad de la bovedilla cerámica = Abaratamiento de la mano de obra

Aunque el precio de la bovedilla cerámica supera al de la bovedilla de hormigón, **el coste final del forjado cerámico será MENOR** gracias al abaratamiento de la mano de obra.

VENTAJAS ECONÓMICAS DE LOS FORJADOS CERÁMICOS

* **Ahorro en las cuantías de acero de la estructura.**

(Datos obtenidos del artículo de Jordi Marrot, publicado en la revista *conarquitectura*)

Para forjado unidireccional 25+5 con nervios in situ y 74 cm de intereje:	BOVEDILLA DE HORMIGÓN	BOVEDILLA CERÁMICA
Peso propio del forjado:	0,391 Kg/m²	0,322 Kg/m²
Kg de acero en vigas y pilares por m² de superficie construida:	14,62 Kg/m²	13,49 €/m²
Kg de acero en cimentación por m² de superficie construida:	1,60 Kg/m²	1,37 Kg/m²
Total Kg acero de armar por m² de superficie construida:	∑ 16,22 Kg/m²	∑ 14,86 Kg/m²

Ahorro en acero de armar en edificios con forjados de bovedilla cerámica	
AHORRO EN Kg DE ACERO DE ARMAR:	16,22 – 14,86 = **1,36 Kg/m²**
AHORRO ECONÓMICO:	1,36 Kg/m² x 1,35 €/Kg = **1,84 €/m²**

Los forjados cerámicos, al ser más ligeros que los de bovedilla de hormigón, permiten optimizar las estructuras y ahorrar en el acero de armar.

VENTAJAS ECONÓMICAS DE LOS FORJADOS CERÁMICOS

* **Repercusión en el precio de transporte y costes indirectos.**

(Datos obtenidos de diferentes fabricantes de bovedillas)

Para bovedillas de forjado unidireccional (60 x 22 x 20 cm):	BOVEDILLA DE HORMIGÓN	BOVEDILLA CERÁMICA
Peso unidad de bovedilla	15 – 17 Kg	9,5 – 11 Kg
Peso medio palet	840 Kg	670 Kg
Nº de palets por camión de 25 TM	29 palets	37 palets
Nº de viajes para transportar 10.000 bovedillas	7 viajes	5 viajes
Nº de viajes necesarios para suministro del material: **28 % menos para la bovedilla cerámicas.**		

El mayor peso de la bovedilla de hormigón encarece el precio del transporte e incrementa los costes indirectos en descargas y movimiento de material en obra.

VENTAJAS ECONÓMICAS DE LOS FORJADOS CERÁMICOS

BOVEDILLA CERÁMICA
en lugar de
BOVEDILLA DE HORMIGÓN

=

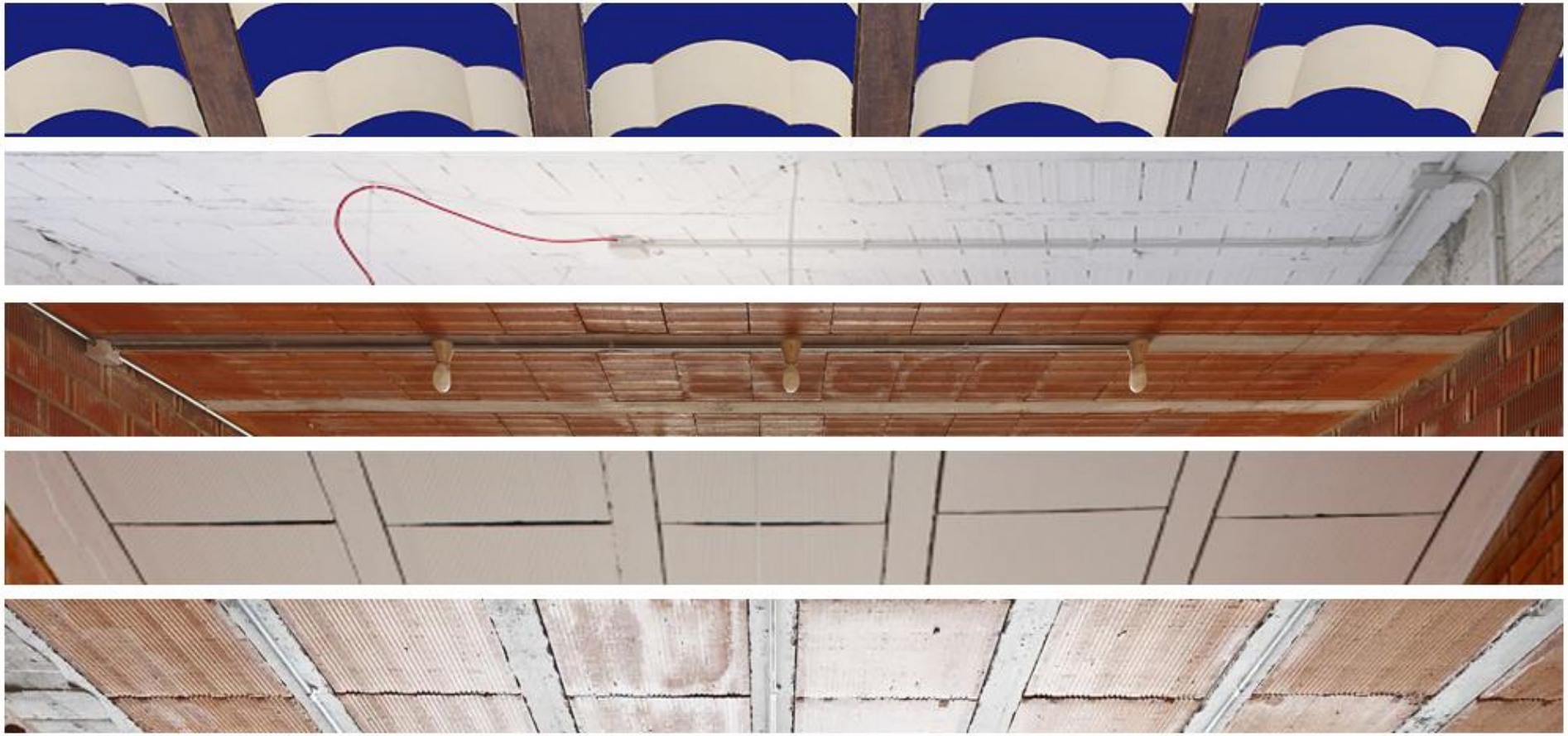
Ahorro en mano de obra: 0,22 € / m²
Ahorro en acero: 1,84 € / m²
Ahorro en trasporte y costes indirectos: 28%

A las ventajas económicas de las bovedillas cerámicas frente a las de hormigón, se unen:

- → Altas prestaciones y mejor comportamiento térmico.
- → Mayor calidad.
- → Manejo y colocación más seguros.
- → Más sostenibles.
- → Mejores cualidades estéticas.

3. VENTAJAS DE LAS BOVEDILLAS Y FORJADOS CERÁMICOS

La bovedilla cerámica confiere carácter a los proyectos, da textura a los acabados y ofrece muchas posibilidades como elemento decorativo.

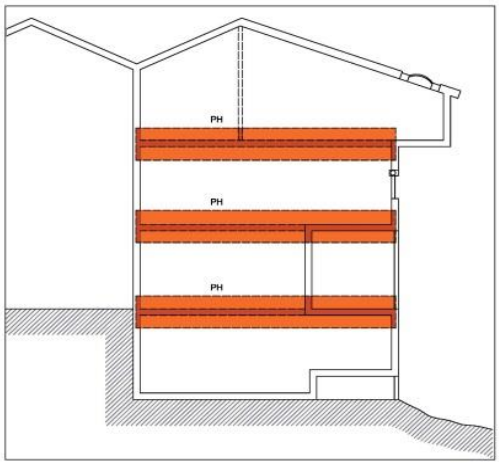


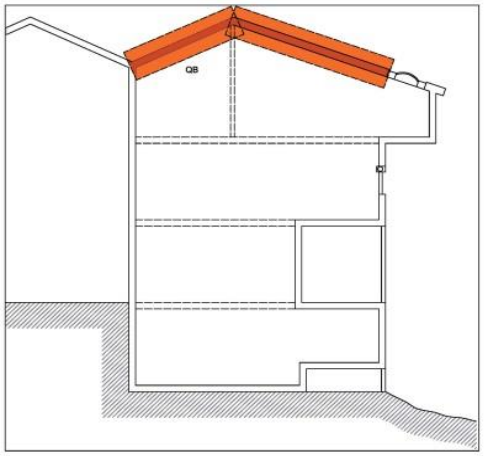
A continuación se mostrarán además las características y ventajas prestacionales de las bovedillas y forjados cerámicos.

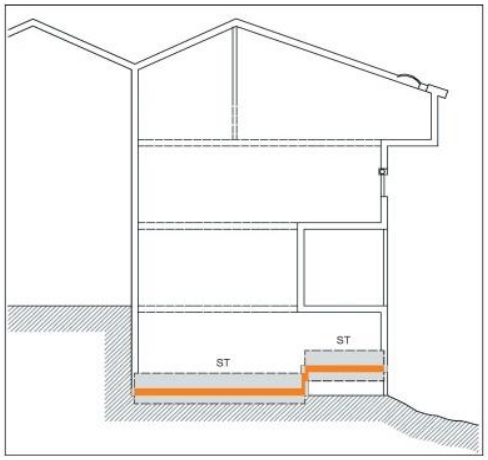
4. DISEÑO DE FORJADOS CERÁMICOS. CTE

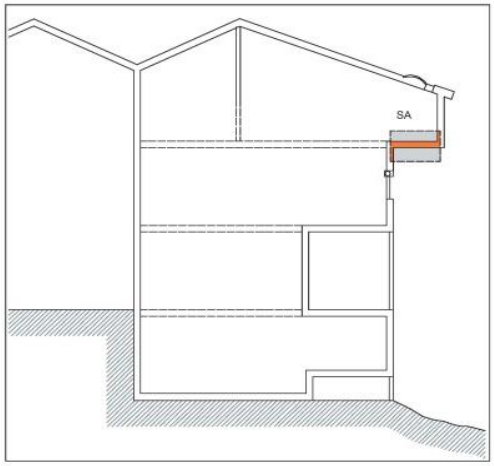
* Por la función que desempeñan los forjados cerámicos dentro de un edificio, los documentos del CTE que han de cumplir son:

  - DB-SE Seguridad estructural.
  - DB-SI Seguridad en caso de incendios.
  - DB-HE Ahorro de energía.
  - DB-HR Protección frente al ruido.







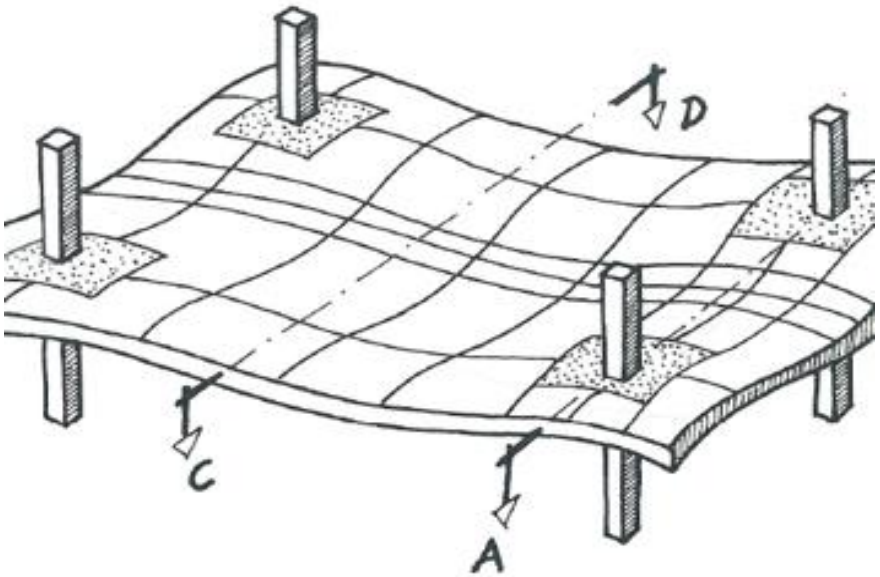


DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **EXIGENCIAS BÁSICAS DB SE**

- RESISTENCIA Y ESTABILIDAD frente a acciones e influencias previsibles durante su construcción y uso previsto.

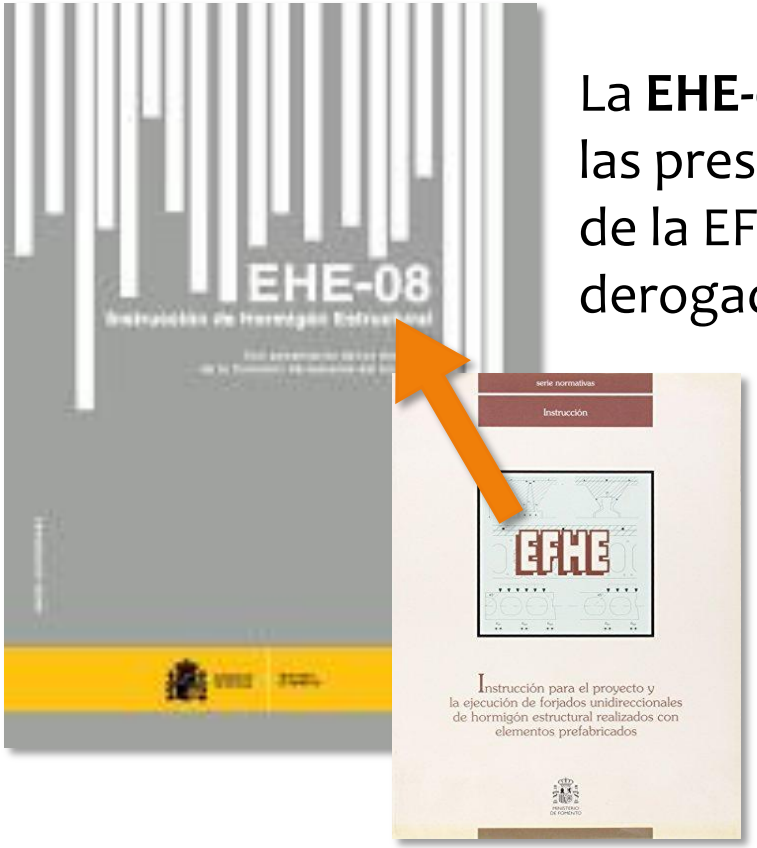
- APTITUD DE SERVICIO conforme a su uso previsto, no produciéndose deformaciones, comportamiento dinámico o degradaciones inadmisibles.



DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **NORMATIVA APLICABLE JUNTO CON DB SE**

- **EHE-08** Instrucción hormigón estructural.



La **EHE-08** incluye las prescripciones de la EFHE, derogada en 2008.

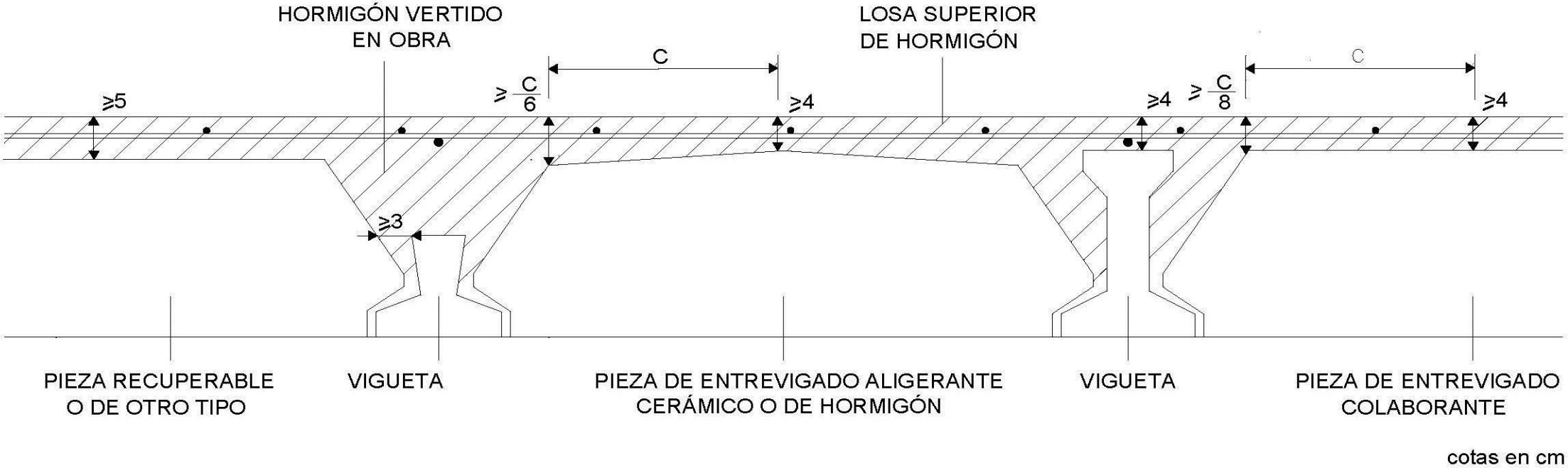
El futuro **Código Estructural Español** anulará y sustituirá a la EHE-08 y a la EAE.

CÓDIGO ESTRUCTURAL ESPAÑOL

DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **NORMATIVA APLICABLE JUNTO CON DB SE. <u>Exigencias</u>**

  - **EHE-08** Instrucción hormigón estructural y próximo **Código Estructural Español**.



DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL.

* **NORMATIVA APLICABLE . <u>Cumplimiento:</u>**

- **<u>Marcado CE</u>** <u>de la bovedilla cerámica</u>: Todos los productos de los fabricantes asociados a Hispalyt tienen Marcado CE.

Carga de rotura característica de punzonamiento	
Marcado CE	LNR ≥ 0,7 kN NR ≥ 1,5 kN
EHE-08. y próximo **Código Estructural** Artículo 36º "Piezas de entrevigado en forjados"	LNR ≥ 1 kN NR ≥ 1,5 kN

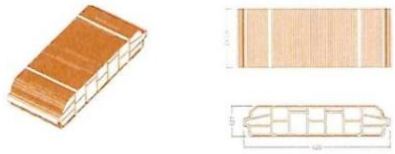
DECLARACION DE PRESTACIONES
Número:

NOMBRE FABRICANTE

CE 0099
Rev.nº:0
Fecha:01-07-2013

Identificación producto tipo	Bovedilla de arcilla cocida	DIRECCIÓN DEL FABRICANTE
Identificación producto	Bovedilla de 13	
Uso o usos previstos		**Sistema de forjado vigueta y bovedilla**
Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones		**2 +**
Organismo Notificado		**AENOR® / 0099**
Tarea realizada **Inspección Inicial de la fábrica y del control de la producción en fábrica. Vigilancia continua, evaluación y aprobación del control de producción en fábrica.**		

Prestaciones declaradas

Características Esenciales	Prestaciones	Especificaciones técnicas armonizadas
Tipo de bovedilla de arcilla cocida:	LNR. Aligerante	EN 15037-3:2010+A1:2011
Resistencia Mecánica:	CLASE R1	
Configuración		
Medidas: Altura x Longitud x Anchura	12,7 cm x 24 cm x 62 cm	
Tolerancias Dimensionales	CLASE T1	
Dimensiones mínimas	CLASE N1	
Densidad Aparente	401 kg/m³	
Expansión por Humedad	0,55 mm/m	
Resistencia al Fuego	Materia Orgánica ≤ 1 %. CLASE A.1	
Durabilidad	F0	

Las prestaciones del producto identificado son conformes con las prestaciones declaradas.
La presente declaración de prestaciones se emite bajo la única responsabilidad de

Nombre y cargo:

Lugar y fecha de emisión:

DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA.**

- El DB SE y su instrucción complementaria EHE incluyen métodos de cálculo para el diseño estructural de los forjados unidireccionales y bidireccionales de hormigón y piezas aligerantes de entrevigado.
- Como alternativa, se pueden emplear herramientas informáticas de cálculo estructural, como los software TRICALC y CYPECAD.
- Los programas de cálculo de estructuras tienen caracterizados los forjados de bovedilla cerámica.

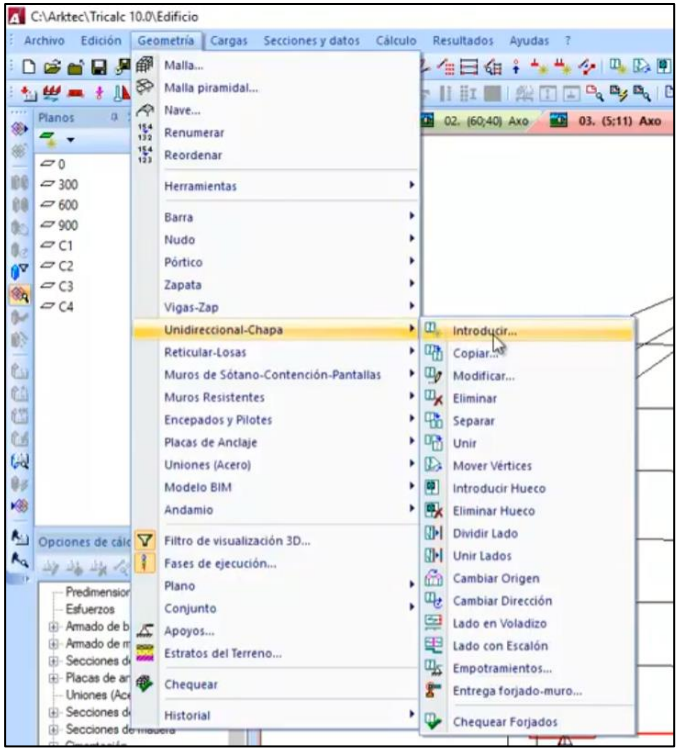
Tricalc
Cálculo de estructuras tridimensionales

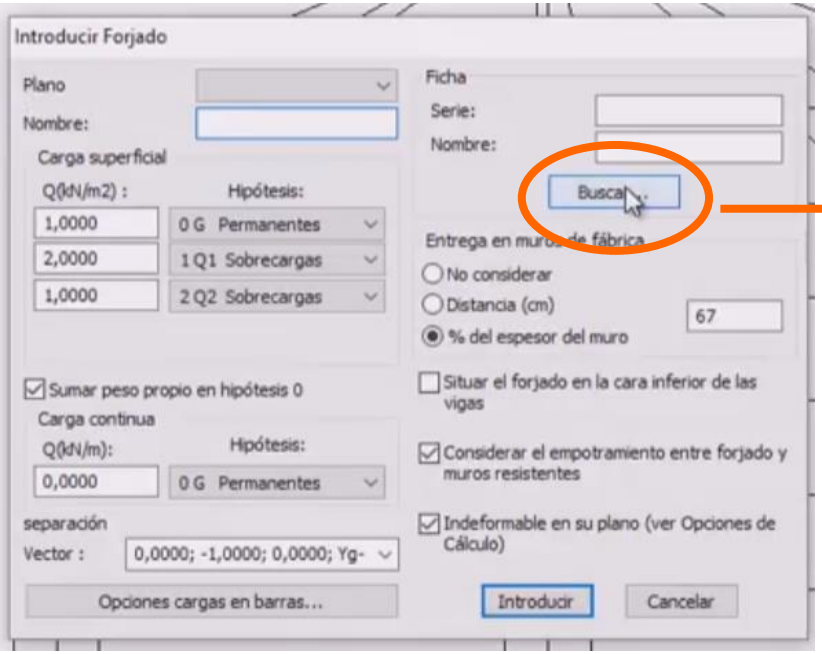
cype SOFTWARE

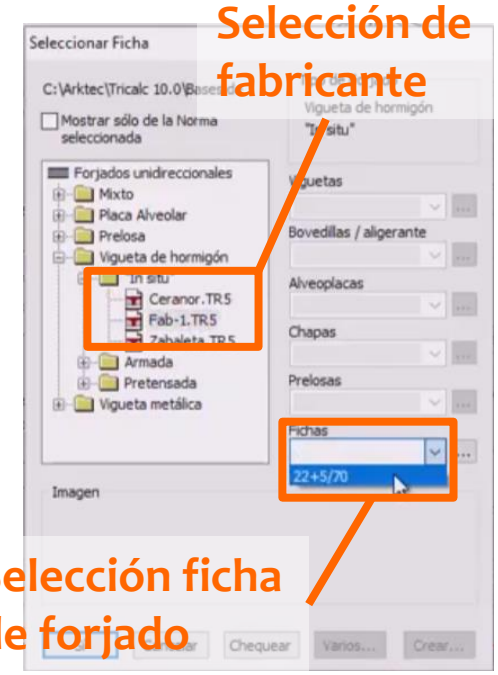
DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Tricalc.

1. Introducir forjado: se selecciona un forjado en el plano del edificio y se le asigna la tipología en: Geometría > Unidireccional–Chapa > Introducir





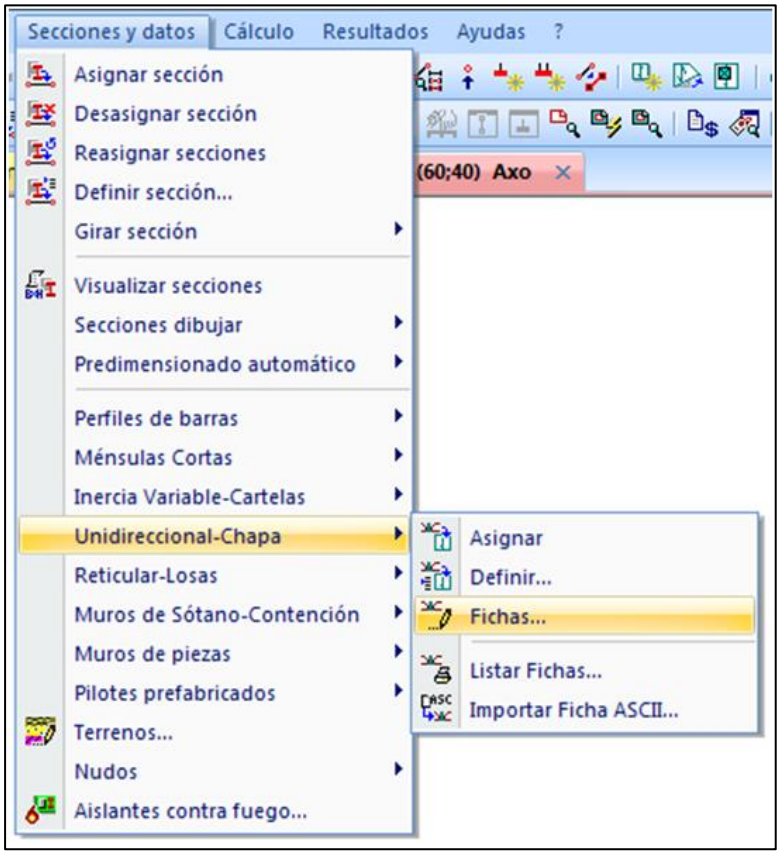


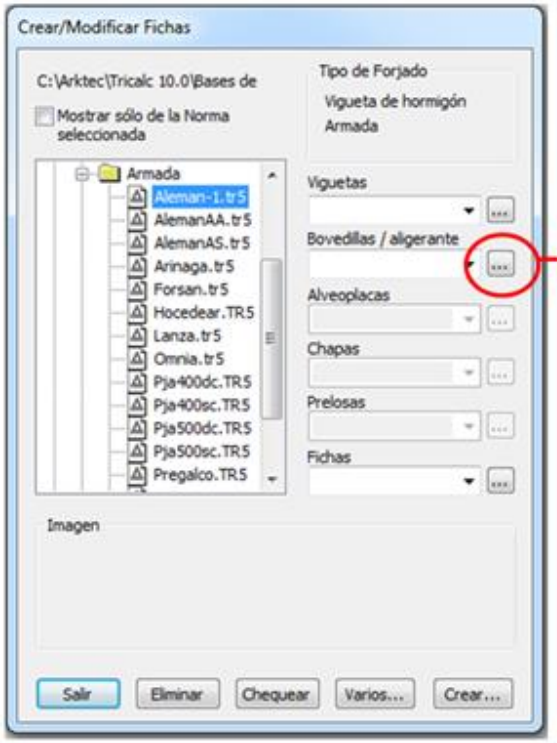
Con la opción "buscar" se accede a la biblioteca de forjados, clasificados por fabricantes.

DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

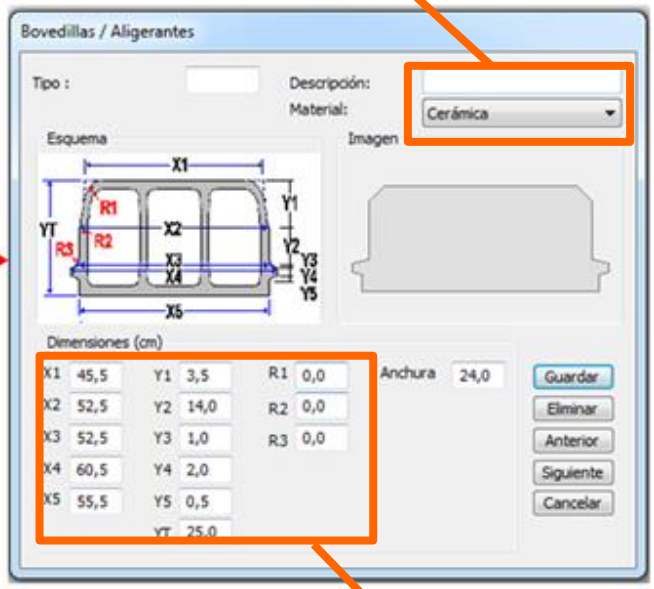
* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Tricalc.**

2. Editar / crear bovedilla: podemos modificar las bovedillas predefinidas o crear nuevos tipos en barra de menú: Secciones y datos > Unidireccional-Chapa > Fichas





Selección material bovedilla

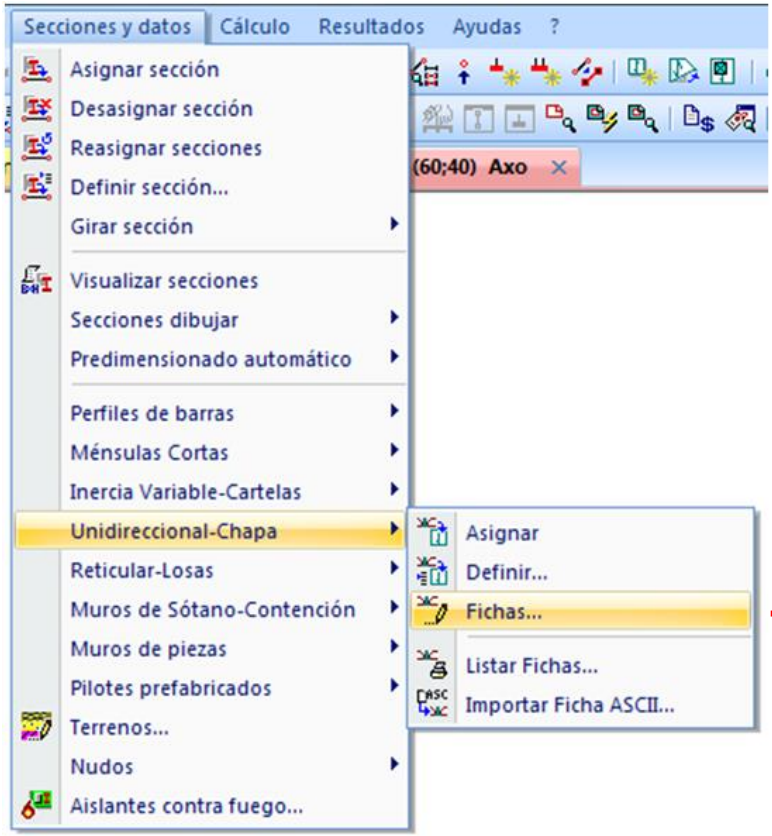


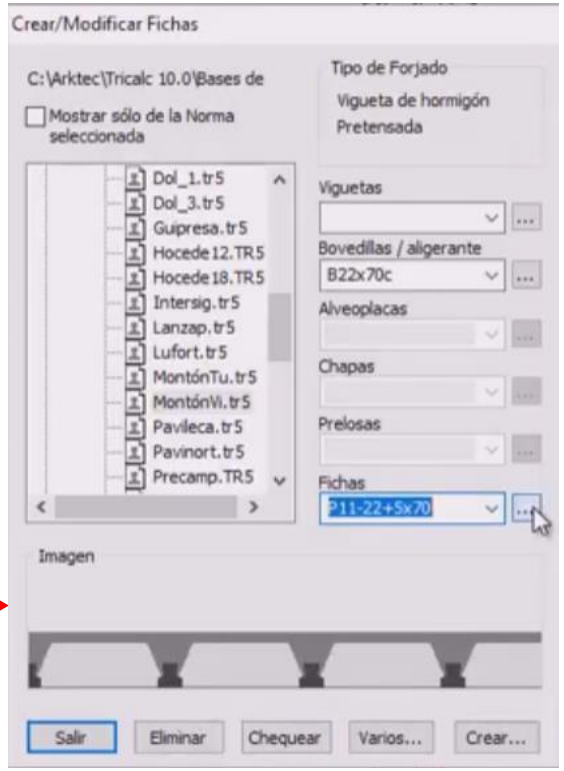
Edición geometría bovedilla

DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

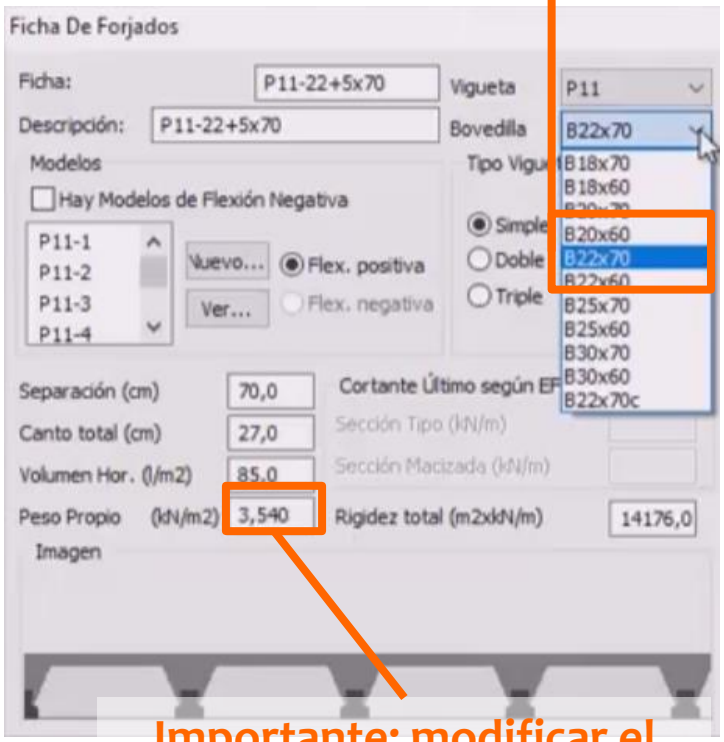
* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Tricalc.**

3. Editar / crear forjado: podemos modificar un forjado predefinido o crear nuevos tipos en barra de menú: Secciones y datos > Unidireccional-Chapa > Fichas





Selección tipo bovedilla



Importante: modificar el peso propio del forjado

DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

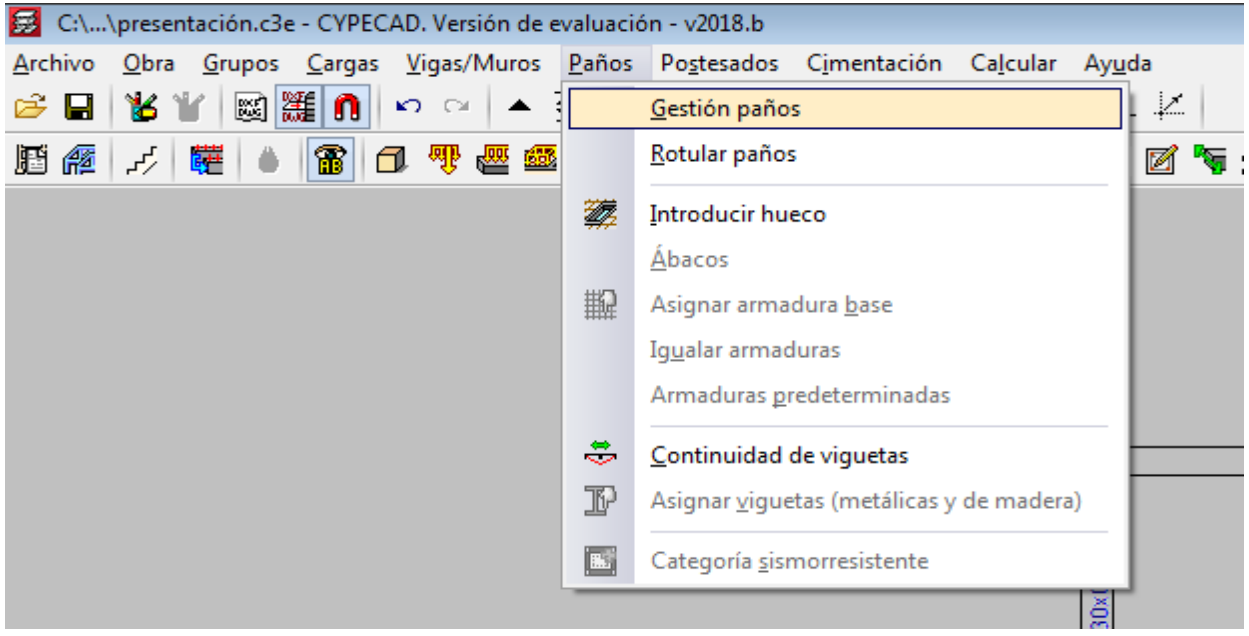
* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Cypecad.**

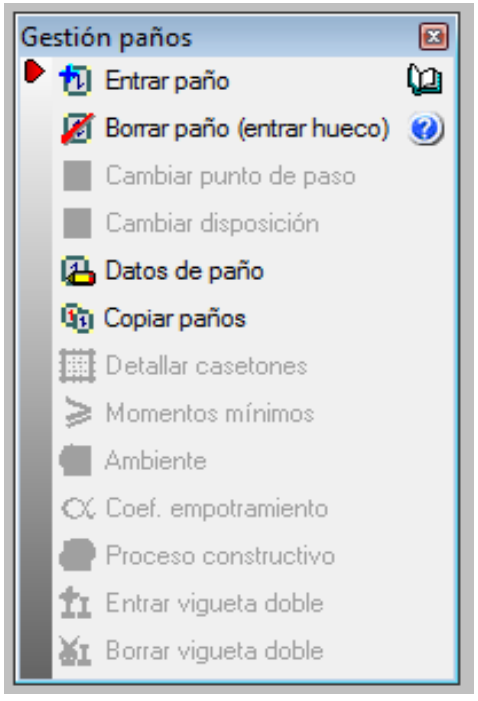
En el caso de **Cypecad**, el proceso es el siguiente:

1. Introducción de la geometría y características generales de la estructura del edificio:

   Datos generales ➡ Importación DWG ➡ Plantas ➡ Pilares ➡ Vigas

2. Introducción tipología de forjado: Gestión de paños



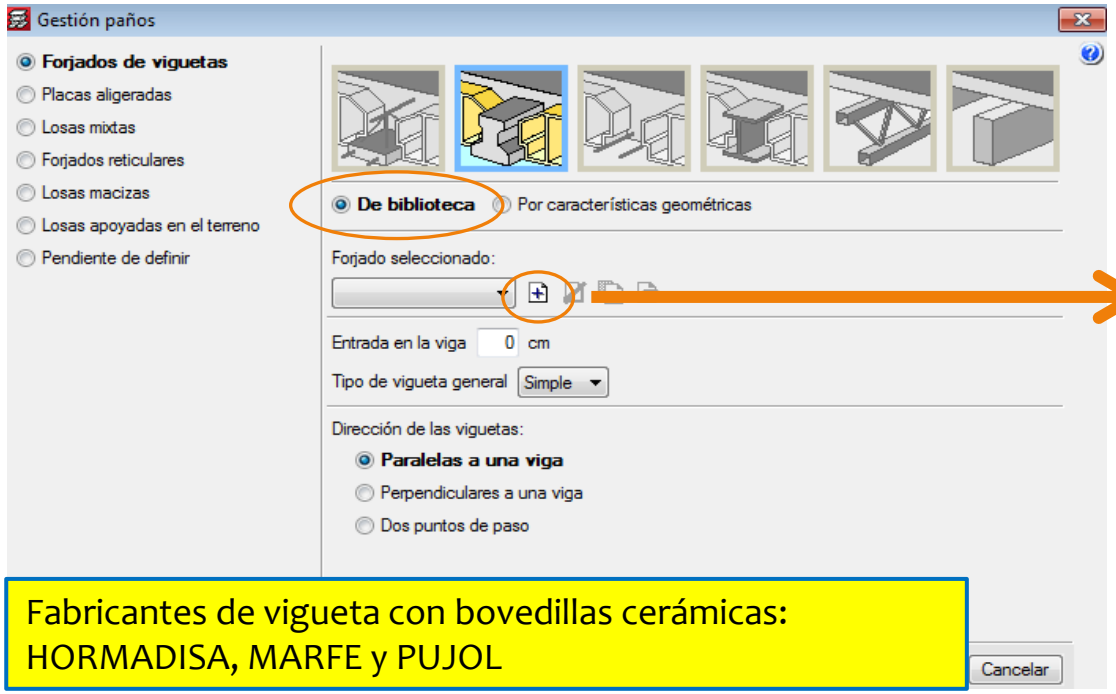


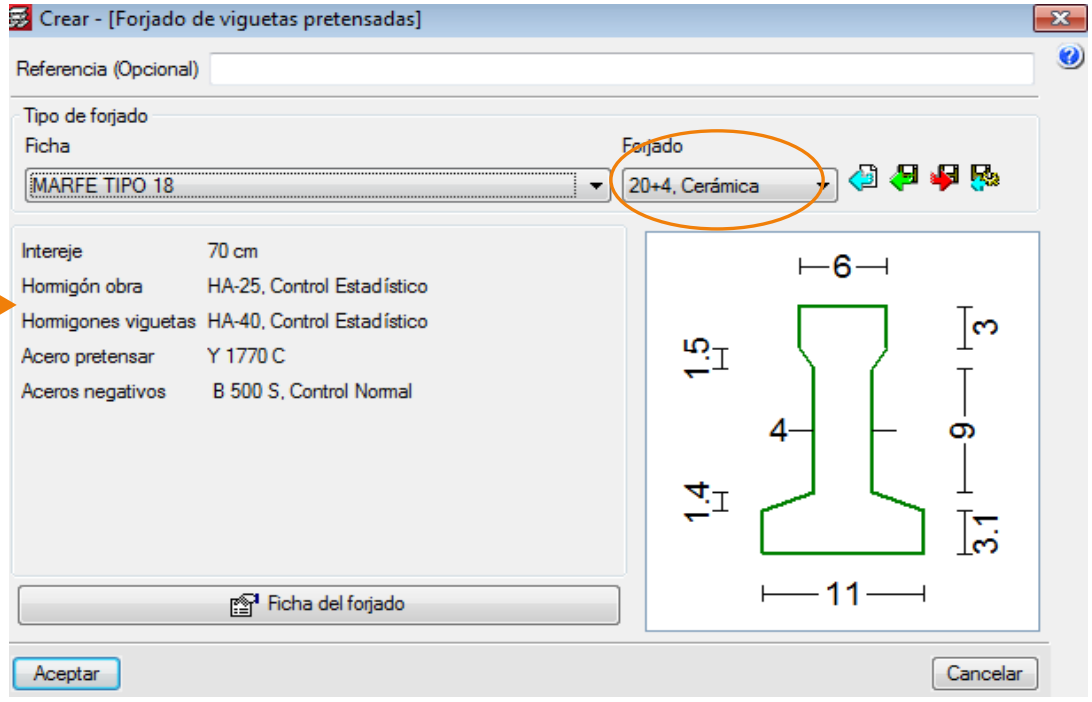
DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Cypecad.**

3. Introducción tipología de forjado. Gestión de paños. Forjados de viguetas. Opciones:

a) Viguetas pretensadas y armadas / De biblioteca. Tipo de vigueta y bovedilla. Predeterminado por el fabricante de viguetas.





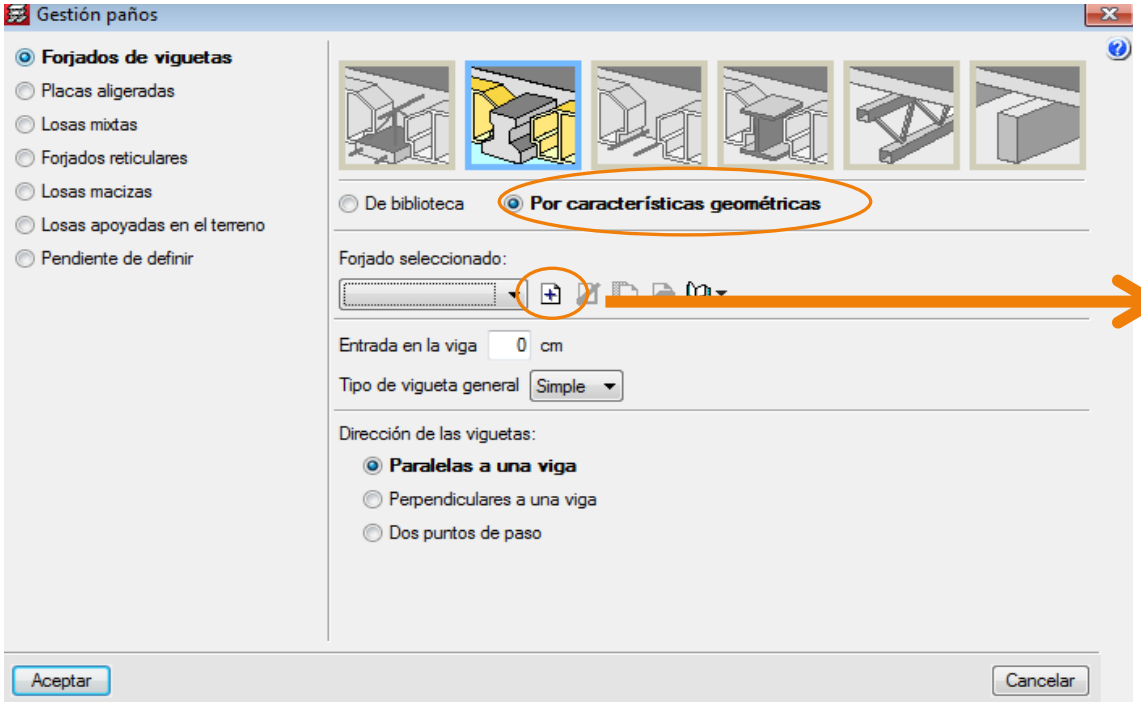
Fabricantes de vigueta con bovedillas cerámicas:
HORMADISA, MARFE y PUJOL

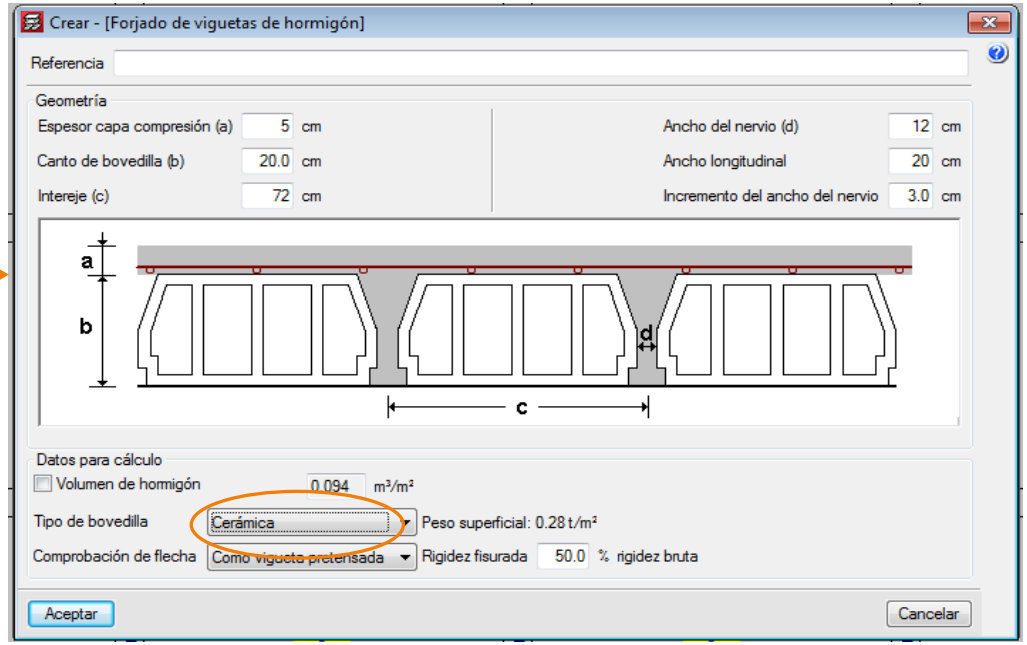
DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Cypecad.**

3. Introducción tipología de forjado. Gestión de paños. Forjados de viguetas. Opciones:

b) Viguetas pretensadas y armadas / Por características geométricas. Permite definir determinados datos geométricos del forjado y el material de la bovedilla.



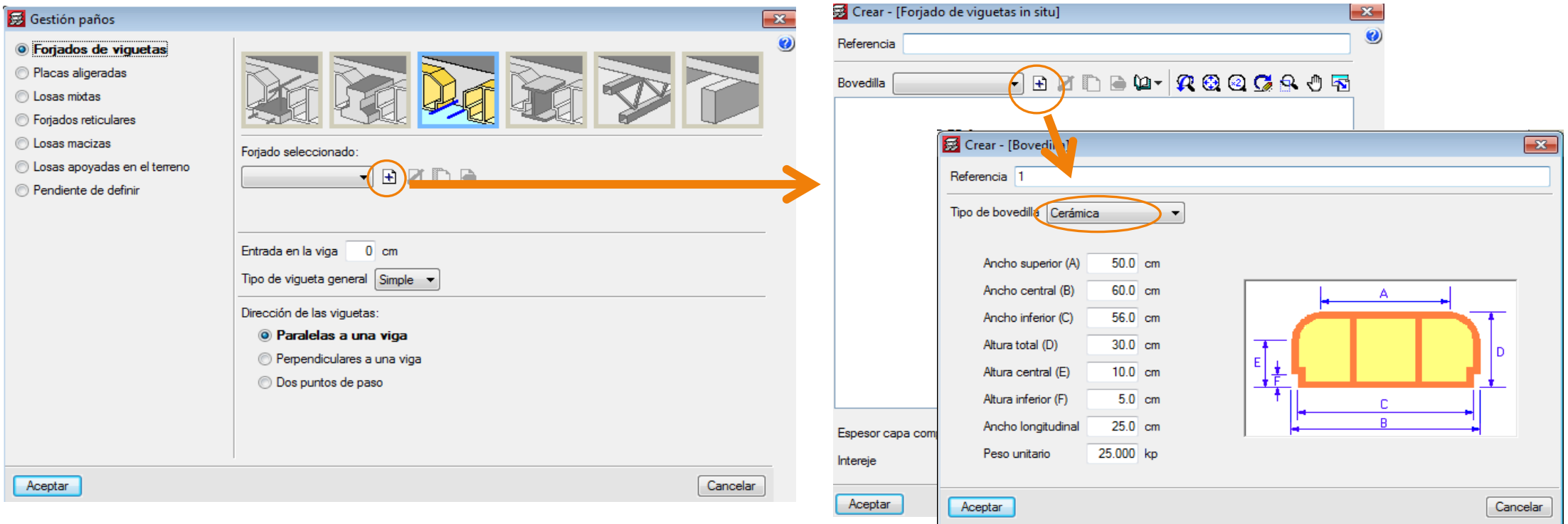


DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Cypecad.**

3. Introducción tipología de forjado. Gestión de paños. Forjados de viguetas. Opciones:

c) Viguetas in situ o metálicas. Permite definir la capa de compresión, intereje, el material de la bovedilla y la geometría de la misma.

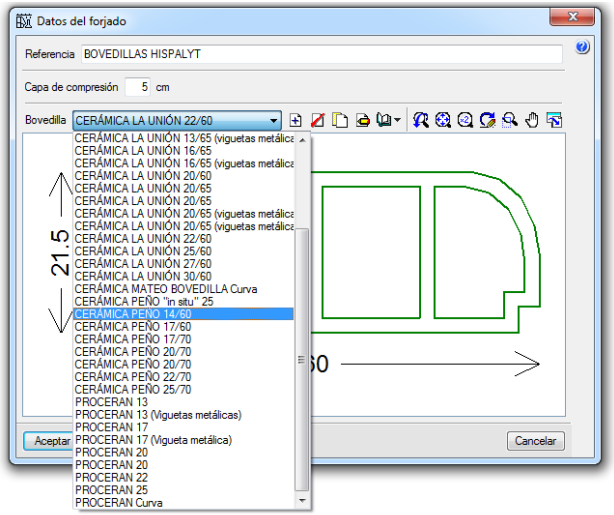


DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Cypecad.**

3. Introducción tipología de forjado. Gestión de paños. Forjados de viguetas. Opciones:

c) Viguetas in situ o metálicas. Biblioteca de bovedillas cerámicas de fabricantes de Hispalyt.



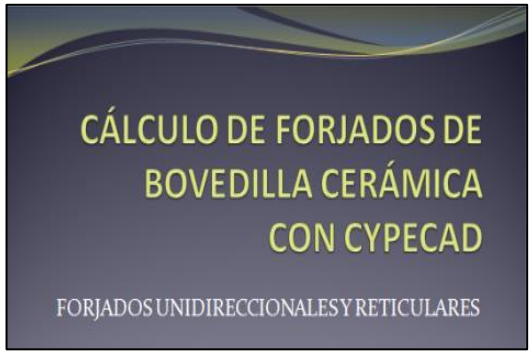
Descarga gratuita en: www.hispalyt.es
Documentación técnica > Publicaciones > Bovedillas

DB-SE. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

* **DISEÑO ESTRUCTURAL DE FORJADOS DE BOVEDILLA CERÁMICA. Tricalc y Cypecad:**

En la web de Hispalyt están disponibles las presentaciones:

- *Cálculo de forjados de bovedilla cerámica con CYPECAD*
- *Cálculo de forjados de bovedillas y casetones con TRICALC*
- *Tricalc, Vídeo de creación y uso de bovedillas cerámicas*



Descarga gratuita en: www.hispalyt.es
Documentación técnica > Publicaciones > Bovedillas

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* Requisitos de un forjado de cara a la seguridad en caso de incendio:

A) **Mantener su resistencia estructural (R):** Mantener su capacidad portante durante un determinado tiempo.

B) **Mantener la sectorización del edificio (EI):** Actuar como elemento separador para evitar la propagación del fuego entre distintas zonas del edificio o a otros edificios.

C) **Reacción al fuego adecuada:** El material debe tener una respuesta ante el fuego adecuada para no contribuir al desarrollo del mismo.

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **RESISTENCIA ESTRUCTURAL (R).** ***Exigencia:***

- Todo **elemento estructural interior** debe mantener su capacidad portante en caso de incendio **durante un tiempo determinado**.
- Debe resistir el tiempo suficiente (expresado en minutos) para:
  - · Realizar una evacuación segura del edificio.
  - · Permitir la intervención de los bomberos.
- La resistencia al fuego requerida se indica en el **DB SI 6, tablas 3.1 y 3.2**. va desde R30 hasta R180. Depende de:
  - · Uso de la zona considerada.
  - · Ubicación sobre rasante o bajo rasante.
  - · Altura de evacuación.
  - · Si se trata de una zona de riesgo especial (bajo, medio o alto).

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **RESISTENCIA ESTRUCTURAL (R).** ***Exigencia:***

Tabla 3.1 *Resistencia al fuego* suficiente de los elementos estructurales

Uso del *sector de incendio* considerado[1]	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante *altura de evacuación* del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar [2]	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120[3]	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)	R 90			
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)	R 120[4]			

(1) La *resistencia al fuego* suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa *sectores de incendio* es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un *sector de incendios*, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la *resistencia al fuego* suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

(2) En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la *resistencia al fuego* exigible a edificios de *uso Residencial Vivienda*.

(3) R 180 si la *altura de evacuación* del edificio excede de 28 m.

(4) R 180 cuando se trate de *aparcamientos robotizados*.

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **RESISTENCIA ESTRUCTURAL (R).** ***Exigencia:***

Tabla 3.2 ***Resistencia al fuego*** **suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios[1]**

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

(1) No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La *resistencia al fuego* suficiente R de los elementos estructurales de un suelo de una zona de riesgo especial es función del uso del espacio existente bajo dicho suelo

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

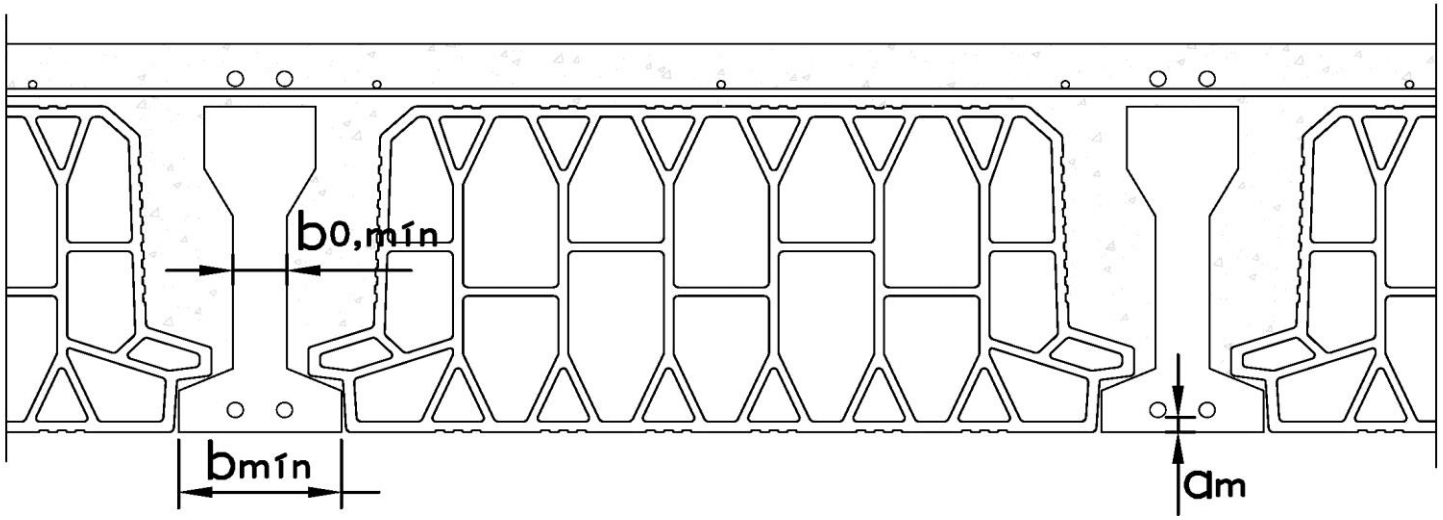
* **RESISTENCIA ESTRUCTURAL (R).** ***Cumplimiento:***

- **DB SI Anejo C** ***Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón armado:*** tablas para comprobar la resistencia de las distintas tipologías de forjados.
- La resistencia al fuego de un forjado está condicionada por:

  a_m: Distancia mínima equivalente al eje de las armaduras (recubrimiento).

  $b_{o,\,mín}$: Anchura mínima del alma.

  $b_{mín}$: Anchura de nervio mínimo.



DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **RESISTENCIA ESTRUCTURAL (R).** ***Cumplimiento:***

Tablas **DB SI Anejo C** ***Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón:***

1. Forjados **unidireccionales o reticulares** y entrevigado cerámico

con revestimiento en la cara inferior **Y** para **resistencias al fuego ≤ R120:**

EXTRACTO TABLA C.4. DB-SI ANEJO C			
RESISTENCIA AL FUEGO	DISTANCIA MÍNIMA EQUIVALENTE AL EJE a_m (1) (mm)		
	Flexión en una dirección	Flexión en dos direcciones	
		l_y/l_x (2) ≤ 1,5	1,5 ≤ l_y/l_x ≤ 2
R30	10	10	10
R60	20	10	20
R90	25	15	25
R120	35	20	30

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

(2) Ix y Iy son las luces de la losa, siendo Iy > Ix.

Los **guarnecidos de yeso** se consideran espesores de hormigón adicional equivalentes a **1,8 veces** su espesor real.

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **RESISTENCIA ESTRUCTURAL (R).** ***Cumplimiento:***

Tablas **DB SI Anejo C** ***Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón:***

2. Forjados **unidireccionales** y entrevigado cerámico

sin revestimiento en la cara inferior **O** para **resistencias al fuego ≥ R120:**

TABLA C.3. DB-SI ANEJO C					
RESISTENCIA AL FUEGO	$b_{mín}$ / a_m (1)(mm)				$b_{o,\,mín}$ (2)(mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	
R30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	-	80
R60	100 / 300	150 / 25	200 / 20	-	100
R90	150 / 40	200 / 35	250 / 30	400 / 25	100
R120	200 / 50	250 / 45	300 / 40	500 / 35	120
R180	300 / 75	350 / 65	400 / 60	600 / 50	140
R240	400 / 75	500 / 70	700 / 60	-	160

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

(2) Debe darse en una longitud igual a dos veces el canto de la viga, a cada lado de los elementos de sustentación.

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **RESISTENCIA ESTRUCTURAL (R).** ***Cumplimiento:***

Tablas **DB SI Anejo C** ***Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón:***

3. Forjados **reticulares** y entrevigado cerámico

sin revestimiento en la cara inferior **O** para **resistencias al fuego ≥ R120:**

TABLA C.5. DB-SI ANEJO C			
RESISTENCIA AL FUEGO	$b_{mín}$ / a_m (1) (mm)		
	Opción 1	Opción 2	Opción 3
R30	80 / 20	120 / 15	200 / 10
R60	100 / 30	150 / 25	200 / 20
R90	120 / 40	200 / 30	250 / 25
R120	160 / 50	250 / 40	300 / 35
R180	200 / 70	300 / 60	400 / 55
R240	250 / 90	350 / 75	500 / 70

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **SECTORIZACIÓN (EI).** ***Exigencia:***

- Establecimiento de sectores de incendio:

  · El CTE establece unos sectores de incendio en función de unas condiciones (uso, superficie, ocupación, titularidad, etc.)

  · En base a estas condiciones, se determina **una sectorización para cada edificio.**

- Requerimientos de resistencia al fuego (EI)

  · El CTE indica la resistencia al fuego (EI) que deben cumplir los elementos delimitadores de cada sector de incendio.

  · En lo que respecta a los **forjados**, el requerimiento de resistencia al fuego será el definido por **el sector de su cara inferior**.

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **SECTORIZACIÓN (EI).** ***Cumplimiento:***

Tablas **DB SI Anejo C** ***Resistencia al fuego de las estructuras de hormigón:***

$$h \geq h_{min}$$

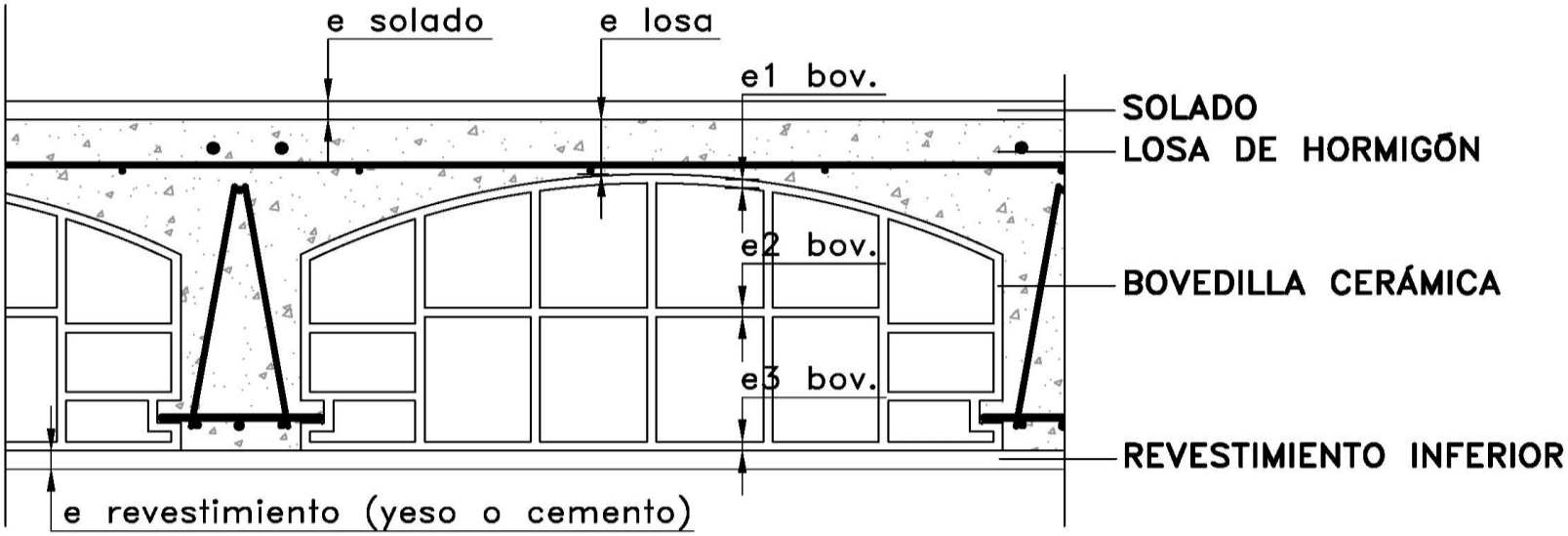
$$h = e_{losa} + e_{solado} + 2 \times e_{real\ bovedilla} + e_{revestimiento}$$

Resistencia al fuego	$h_{mín}$ (mm)
EI 30	60
EI 60	80
EI 90	100
EI 120	120
EI 180	150
EI 240	175

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **SECTORIZACIÓN (EI).** ***Cumplimiento:***

$$h = e_{losa} + e_{solado} + 2 \times e_{real\ bovedilla} + e_{revestimiento}$$



- e_{solado} : que mantenga su función aislante durante el periodo de resistencia al fuego
- $e_{real\ bovedilla} = e_{1\ bov} + e_{2\ bov} + \ldots + e_{n\ bov}$
- $e_{revestimiento}$: si es de **yeso**, el espesor se considera **1,8 veces** su espesor real.

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **SECTORIZACIÓN (EI).** ***Cumplimiento:***

Tablas del ***Catálogo de Soluciones Cerámicas para el Cumplimiento del CTE*** de HISPALYT:

RESISTENCIA AL FUEGO (EI) DE FORJADOS CON ENTREVIGADO CERÁMICO (1)		
ESPESOR DEL FORJADO Y DE LA CAPA DE COMPRESIÓN	TIPO DE FORJADO	
	Unidireccional	Reticular
20 + 5	EI 90 (2)	EI 120
25 + 5	EI 90 (2)	EI 120
30 + 5	EI 90 (2)	EI 120

(1) Considerado capa de compresión + capa niveladora + paredes bovedilla (0,50 cm).

(2) Al menos EI 120 si tiene un revestimiento de yeso como acabado inferior.

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **REACCIÓN AL FUEGO.** ***Exigencia:***

CTE. Tabla 4.1. Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos		
Situación del elemento	Revestimientos [1]	
	Techos [2][3]	Suelos [2]
Zonas ocupables, excluido el interior de viviendas [4]	C-s2,d0	E_{FL}
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	C_{FL}-s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial	B-s1,d0	B_{FL}-s1
Espacios ocultos no estancos: Falsos techos, suelos elevados, etc.	B-s3,d0	B_{FL}-s2 [5]

[1] Siempre que superen el 5% de las superficies totales del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado.
[2] Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. Cuando se trate de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica, pero incorporando el subíndice L.
[3] Incluye aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea EI 30 como mínimo.
[4] Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. Excluye el interior de viviendas. En uso Hospitalario se aplicarán las mismas condiciones que en pasillos y escaleras protegidos.
[5] Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Cuando el falso techo esté constituido por una celosía, retícula o entramado abierto, con una función acústica, decorativa, etc., esta condición no es aplicable

DB-SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO

* **REACCIÓN AL FUEGO.** ***Cumplimiento:***

- El forjado cerámico **cumple con las clases de reacción al fuego requeridos por el CTE:**

· **Norma UNE-EN 15037-3, apartado 4.3.4.4:** Las bovedillas de arcilla cocida que no contengan materiales orgánicos pueden ser declaradas como **Clase A.1 sin necesidad de ensayo.**

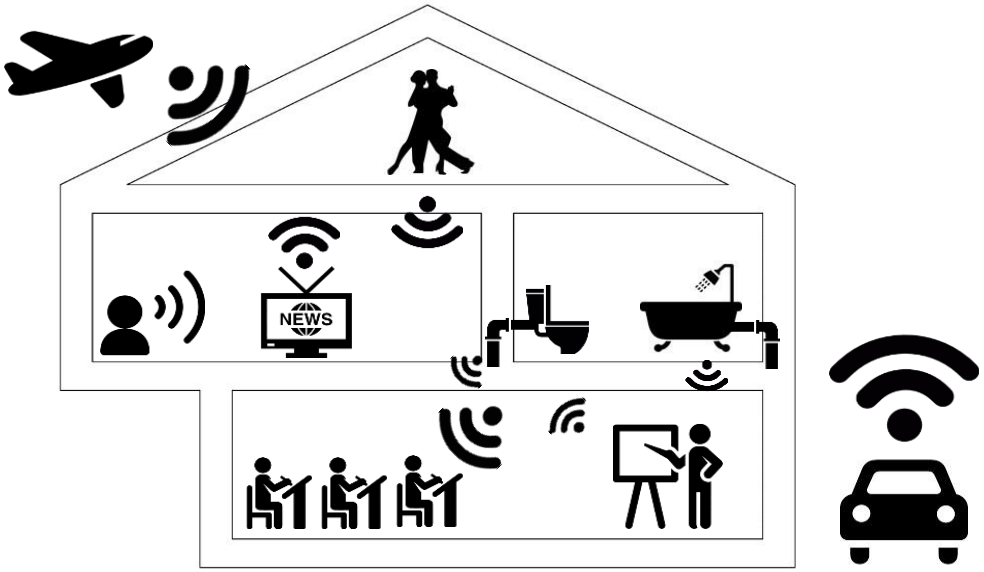
· El **Real Decreto 842/2013, Anexo I, apartado 1.2.:** Lista de productos clasificados en la clase **A1 y A1FL** sin necesitada de ensayo, dentro de la cual se incluyen:

· Hormigón
· Hierro, acero y acero inoxidable
· **Piezas de arcilla cocida**

Bovedilla decorada acabado visto

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **OBJETIVO DEL DB HR:**
  - Reducir la transmisión del ruido aéreo entre recintos.
  - Reducir la transmisión del ruido de impactos entre recintos.
  - Reducir las vibraciones de las instalaciones propias del edificio.
  - Limitar el ruido reverberante de los recintos.



DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

TIPOS DE RUIDO

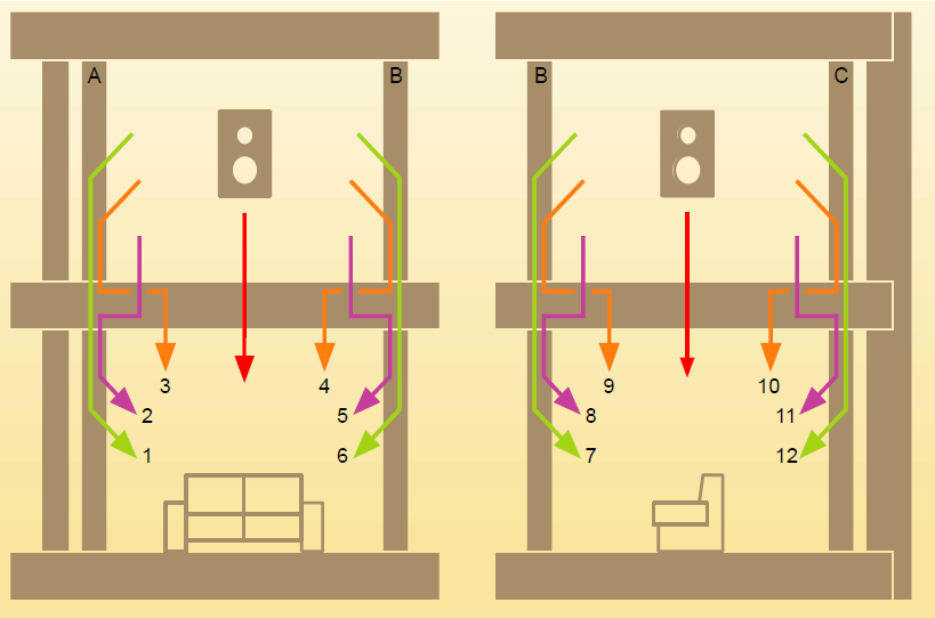
1. **Ruidos de impactos**
2. **Ruidos aéreos exteriores**
3. **Ruidos aéreos interiores**
4. **Ruidos de instalaciones** (ascensor, tuberías)

PROPAGACIÓN DEL RUIDO

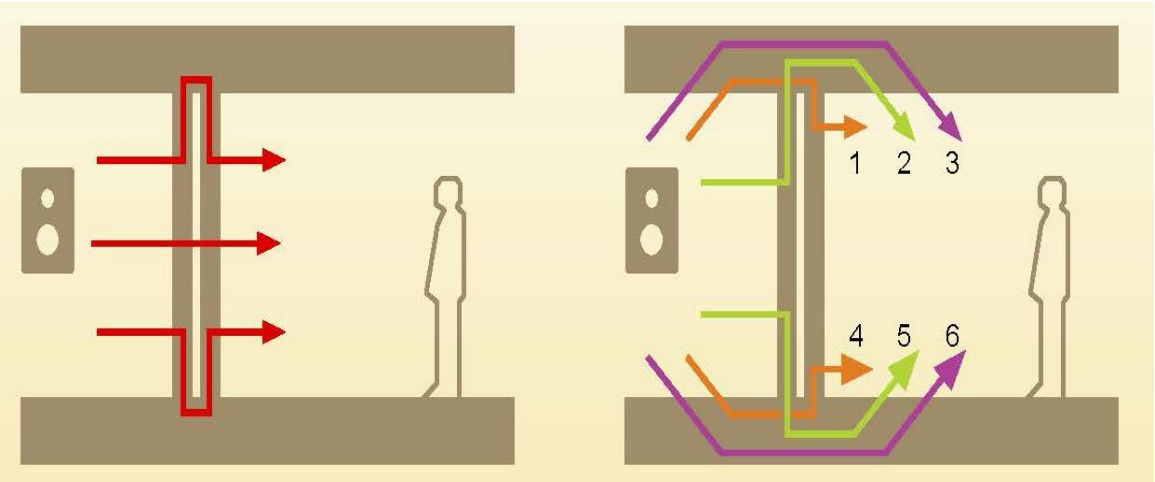
- X **Por transmisión directa.** A través de un muro o cerramiento.
- Y **Por transmisión lateral (o flancos)** utilizando los suelos y los techos.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AÉREO Y DE IMPACTOS.** ***Exigencia:***
  - Transmisión del ruido aéreo y de impacto entre dos recintos:
    - Transmisión **directa**
    - Transmisión **indirecta**



Forjado actuando como elemento separador



Forjado actuando como elemento de flanco

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AÉREO Y DE IMPACTOS.** ***Exigencia:***

- Otros factores que influyen en la transmisión del ruido son:

  · Geometría de los recintos.
  · Prestaciones acústicas de todos los elementos constructivos.
  · Diseño de las uniones entre elementos constructivos.
  · Correcta ejecución de la obra.

- **El DB HR del CTE establece unos niveles de aislamiento acústico** aplicados al edificio terminado y **verificables mediante ensayo in situ**.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

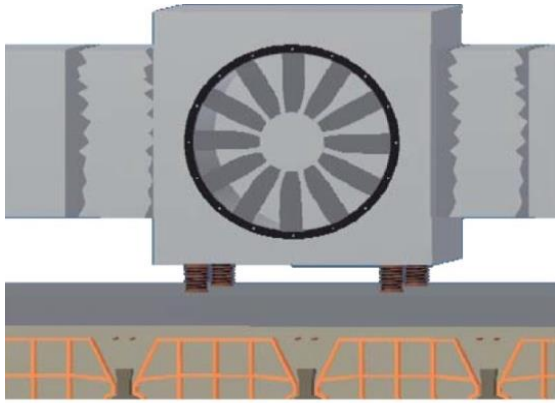
* **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AÉREO Y DE IMPACTOS.** ***Exigencia:***

RECINTO RECEPTOR	RECINTO EMISOR	Aislamiento acústico a RUIDO AÉREO entre recintos colindantes horizontal o verticalmente	Aislamiento acústico a RUIDO DE IMPACTOS entre recintos horizontalmente, verticalmente, o, que comparten una arista
Recintos Protegidos	Cualquier otro recinto de otra unidad de uso diferente	$D_{nT,A} \geq 50$ dBA (1)	$L'_{nTw} \leq 65$ dB
	Zona común	$D_{nT,A} \geq 50$ dBA (1)	$L'_{nTw} \leq 65$ dB (3)
	Recinto de instalación o de actividad	$D_{nT,A} \geq 55$ dBA	$L'_{nTw} \leq 60$ dB
	Ruido exterior	$D_{2m,nT,Atr} \geq$ valores tabla 2.1 del DB HR	
Recintos habitables	Cualquier recinto habitable	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA (2)	Sin exigencia
	Zona común	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA (2)	Sin exigencia
	Recinto de instalaciones o de actividad	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA (1)	$L'_{nTw} \leq 60$ dB
Medianerías	Entre recintos protegidos y habitables en edificios distintos colindantes	$D_{2m,nT,Atr} \geq 40$ dBA (4)	
Tabiquería		$R_A \geq 33$ dBA	

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO Y VIBRACIONES PROCEDENTE DE INSTALACIONES**

En lo referente a forjados, se tomarán las siguientes medidas:



- **Equipos instalaciones:** Soportes antivibratorios elásticos o bancada de inercia desconectada del forjado.
- **Paso de instalaciones:** Sistemas antivibratorios y sellados material elástico.
- **Tuberías bajo suelo flotante:** Revestimiento elástico.
- **Anclaje de tuberías colectivas:** sólo a forjados de masa > 150 Kg/m².
- **Instalación de evacuación descolgada en un recinto habitable:** Falso techo absorbente acústico.
- **Radiadores:** No conectar acústicamente suelo y pared.
- **Instalación traslado de residuos por bajante:** Suelo flotante.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* DISEÑO ACÚSTICO

Parámetros característicos de los forjados :

- Parámetros de cumplimiento de las exigencias de aislamiento acústico ("in situ"):
  - $D_{nT,A}$, L'_{nTw}, $D_{2m,nT,Atr}$
- Parámetros característicos de los forjados **para el diseño acústico** (Laboratorio):
  - **m (Kg/m²)**: Masa por unidad de superficie de la sección tipo del forjado.
  - **R_A (dBA)**: Índice global de reducción acústica, ponderado A.
  - **$R_{A,tr}$ (dBA)**: Índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido exterior.
  - **$L_{n,w}$ (dB)**: Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado.
  - **ΔR_A (dBA)**: Mejora del índice global de reducción acústica de un revestimiento (suelo flotante o falso techo), ponderado A.
  - **ΔL_w (dB)**: Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos normalizado de un revestimiento (suelo flotante o falso techo).

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

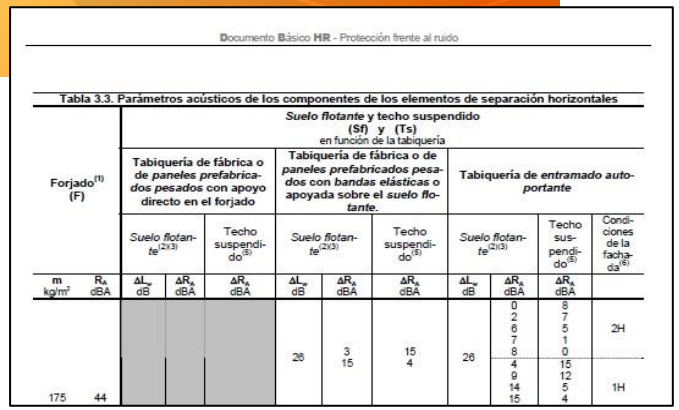
* **DISEÑO ACÚSTICO**

Opciones y herramientas de diseño para ruido aéreo y de impactos:

- **Opción general** del DB-HR: Herramientas informáticas de apoyo:

  • *Herramienta Informática del DB HR*, disponible en www.codigotecnico.org.

  • *Herramienta acústica **SILENSIS***, disponible en www.silensis.es y en el *Catálogo de Soluciones Cerámicas para el cumplimiento del CTE* de HISPALYT.



Documento Básico HR - Protección frente al ruido

Tabla 3.3. Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación horizontales

Forjado[1] (F)		Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería									
		Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante.			Tabiquería de entramado autoportante			
		Suelo flotante[2)3)]		Techo suspendido[6)]	Suelo flotante[2)3)]		Techo suspendido[6)]	Suelo flotante[2)3)]		Techo suspendido[6)]	Condiciones de la fachada[6)]
m kg/m²	R_A dBA	ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	
175	44				26	3 15	15 4	26	0 2 6 7 8	8 7 5 1 0	2H
									4 9 14 15	15 12 5 4	1H

- **Opción simplificada** del DB-HR: Tablas contenidas en el DB HR.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

HERRAMIENTA SILENSIS

- Es la **herramienta de diseño y verificación acústica** del *Catálogo de Soluciones Cerámicas para el cumplimiento del CTE*, elaborado por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- La herramienta ha sido desarrollada por **Labein Tecnalia** e **Hispalyt**.

Herramienta silensis
Diseño acústico de edificios

- Proporciona **soluciones de aislamiento acústico** formadas por combinaciones de elementos constructivos que cumplen las exigencias de aislamiento acústico establecidas por el DB HR.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

HERRAMIENTA SILENSIS. Proceso utilización:

2. Elección, de forma secuencial, de los diferentes elementos constructivos que conforman el edificio entre las soluciones incluidas en la base de datos del programa.

A	B	C	D	E	F
Datos de proyecto	Cerramientos	Particiones interiores verticales	Particiones interiores horizontales	Recintos de instalaciones o de actividad	Informes
0. Ruido exterior 1. Tipo de edificio	2. Fachadas 3. Cubiertas 4. Medianerías 5. Muros en contacto con el terreno 6. Suelos en contacto con el aire exterior	7. Separadora entre viviendas en plantas intermedias 8. Separadora entre viviendas y zonas comunes en plantas intermedias 9. Separadora entre viviendas bajo cubierta 10. Separadora entre viviendas y zonas comunes bajo cubierta 11. Tabiquería	12. Forjados base sin recubrimiento 13. Recubrimientos de suelo y techo	14. Recintos de instalaciones o de actividad	15. Informe del DB HR e informe Silensis

1. Introducción de datos generales del edificio y condiciones de ruido exterior

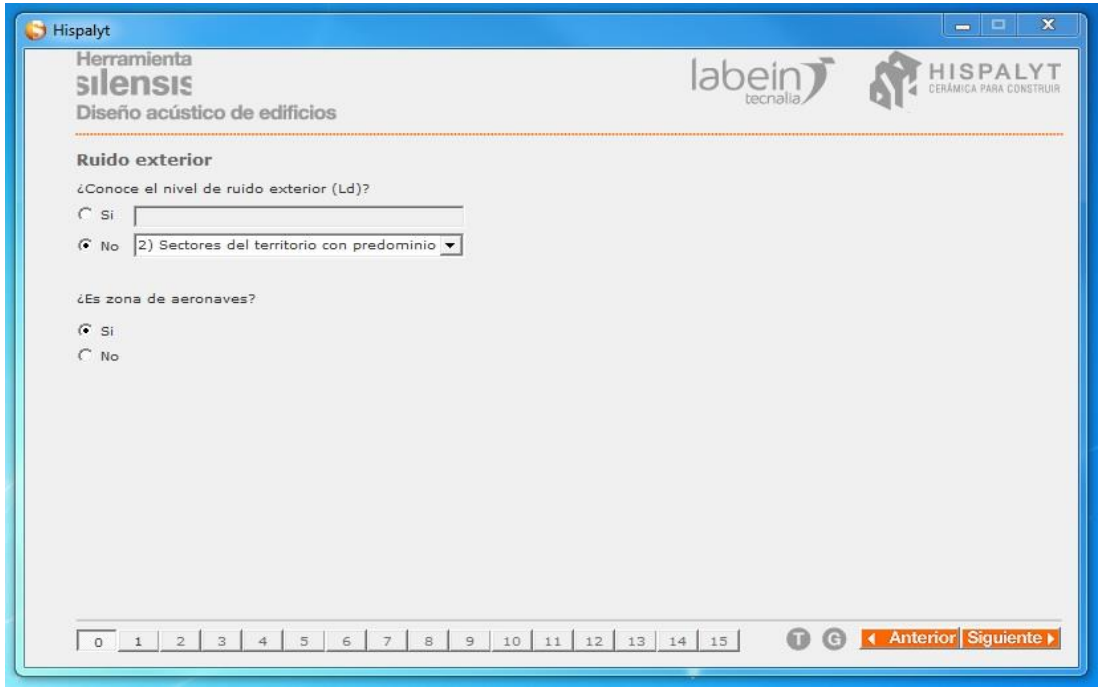
3. Creación del *Informe Silensis* para incorporación a la memoria del proyecto como justificación del cumplimiento del DB HR

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

HERRAMIENTA SILENSIS:

1. Introducción de datos generales y condiciones de ruido exterior:



DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

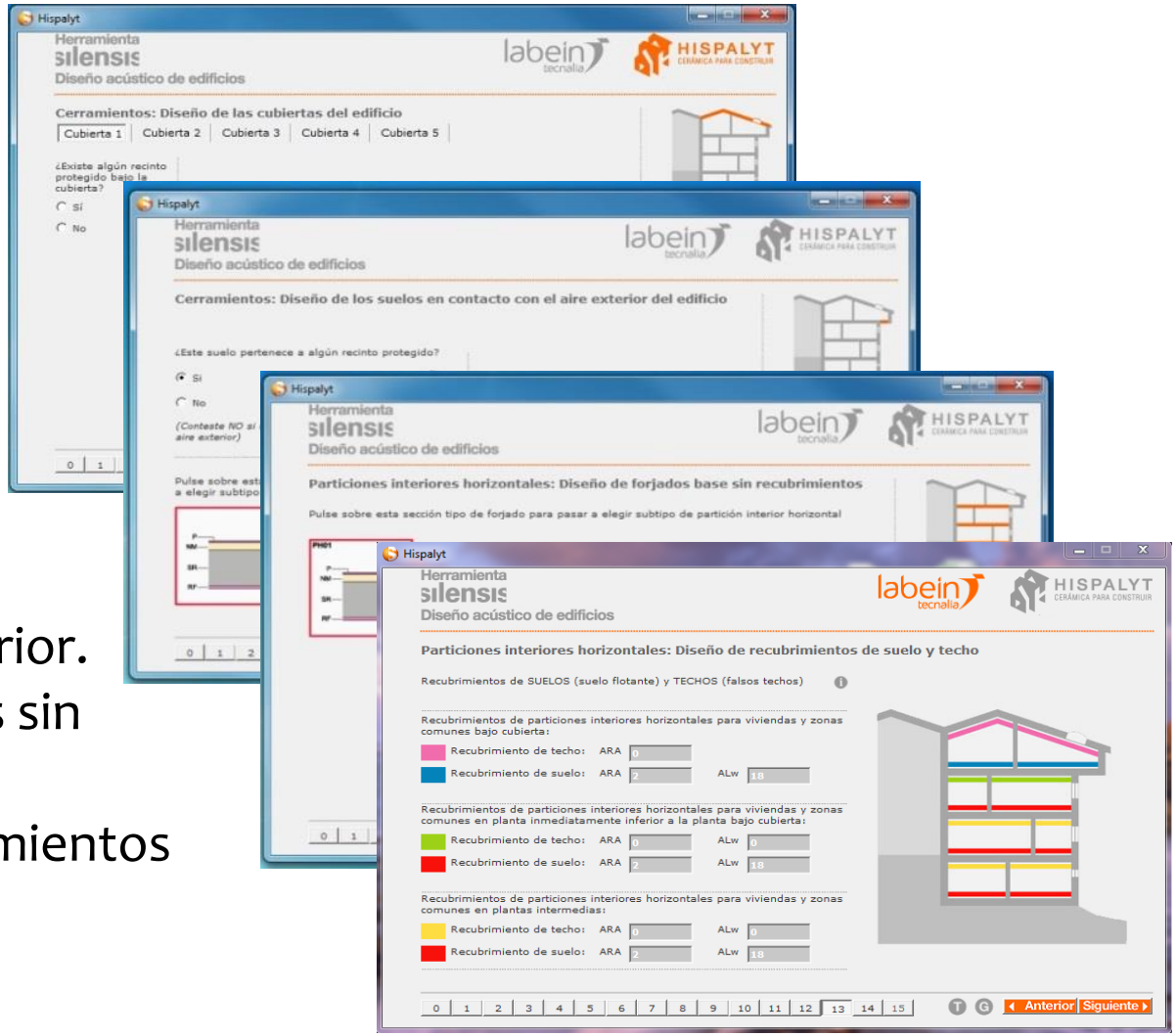
* **DISEÑO ACÚSTICO**

HERRAMIENTA SILENSIS:

2. Elección secuencial de elementos constructivos.

Los que afectan a forjados son:

- Cubiertas.
- Suelos en contacto con el exterior.
- Particiones interiores. Forjados sin recubrimientos.
- Particiones interiores. Recubrimientos de suelos y techos.



DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

HERRAMIENTA SILENSIS:

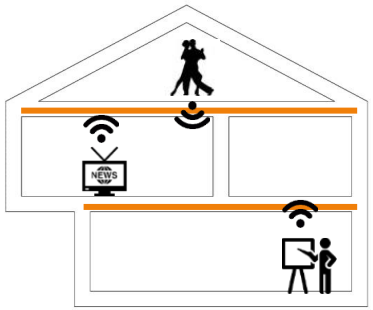
3. Creación del *Informe Silensis* :

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

OPCIÓN DE DISEÑO SIMPLIFICADA

- La opción de diseño simplificada consta de unas **tablas** en las que se indican las condiciones mínimas de los parámetros acústicos para los diferentes elementos del edificio:



· Tabiquería.

· Elementos de separación verticales.

· **Elementos de separación horizontales**.

· Medianerías.

· **Elementos en contacto con el aire exterior**.

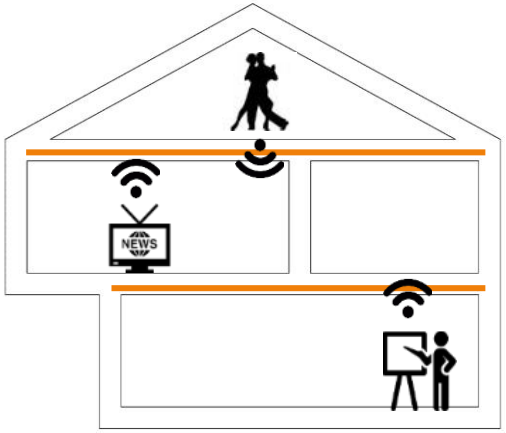
- Los **forjados de bovedilla cerámica** se encontrarán dentro de las categorías de *elementos de separación horizontales* y *elementos en contacto con el aire exterior*.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

<u>OPCIÓN DE DISEÑO SIMPLIFICADA</u>: Elemento de separación horizontal.

<u>Utilización tabla 3.3:</u>



- 1º <u>Conocer:</u>
  - · **Tipo de forjado** (**m** y $\mathbf{R_A}$)
  - · **Tipo de tabiquería.**
  - · **Tipo de fachada.**
- 2º <u>Verificar</u>:
  - · Si el forjado cumple los parámetros necesarios de **m** y $\mathbf{R_A}$
  - · El valor mínimo de $\mathbf{\Delta L_W}$ y $\mathbf{\Delta R_A}$ que deben aportar, combinados, el suelo flotante y el techo suspendido.
  - · En caso de tabiquería de entramado autoportante, **tipo de fachada válido.**

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

OPCIÓN DE DISEÑO SIMPLIFICADA: Elemento de separación horizontal.

Extracto Tabla 3.3. Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación horizontales.

Forjado (1) (F)		Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería								
		Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante.			Tabiquería de entramado autoportante		
		Suelo flotante (2)(3)		Techo suspendido (5)	Suelo flotante (2)(3)		Techo suspendido (5)	Suelo flotante (2)(3)	Techo suspendido (5)	Condiciones de la fachada (6)
m Kg /m²	R_A dBA	ΔL_W dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	ΔL_W dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA			
300(4)	52	18	3 8 9	15 5 4	16	0 2 4	4 1 0	16	0 0 2	0 2 0	2H 1H
						(3) (7) (8) (9)	(15)		(0) (2)	(5) (4) (7)	2H 1H

2. Elección del Sf y Ts en función de la tabiquería

Esta elección no precisa Ts (Sin techo $\Delta R_A = 0$)

1. Elección del forjado. Cumplimento de m y R_A simultáneamente

El Sf debe cumplir simultáneamente los valores de ΔL_w y ΔR_A

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* DISEÑO ACÚSTICO

OPCIÓN DE DISEÑO SIMPLIFICADA: Elemento de separación horizontal.

NOTAS TABLA 3.3

(1) Los forjados deben cumplir simultáneamente los valores **m** y $\mathbf{R_A}$

(2) Los suelos flotantes deben cumplir simultáneamente los valores $\mathbf{\Delta L_W}$ y $\mathbf{\Delta R_A}$

(3) Los valores $\mathbf{\Delta L_W}$ y $\mathbf{\Delta R_A}$ corresponden a un único suelo flotante; la adición de mejoras sucesivas, una sobre otra, en un mismo lado, no garantiza la obtención de los valores de aislamiento.

(4) En el caso de forjados con piezas de entrevigado EPS, el valor de $\mathbf{\Delta L_W}$ correspondiente debe incrementarse en 4dB.

(5) Los valores $\mathbf{\Delta R_A}$ corresponden a un único techo suspendido; la adición de mejoras sucesivas, una bajo otra, en un mismo lado, no garantiza la obtención de los valores de aislamiento.

(6) Para limitar las transmisiones por flancos, en el caso de la tabiquería de entramado autoportante, en la tabla 3.3 aparecen los símbolos:

1H: Para fachadas o medianerías de 1 hoja o fachadas ventiladas de fábrica de hormigón:

m de la hoja (Kg/m²) = 135

$\mathbf{R_A}$ de la hoja (dBA) = 42

2H: Para fachadas o medianerías de dos hojas:

* Para fachadas pesadas no ventiladas o ventiladas por el exterior de la hoja principal, con hoja interior de entramado autoportante o adherido.

m de la hoja exterior (Kg/m²) = 145

$\mathbf{R_A}$ de la hoja exterior (dBA) = 45

* Para fachadas o medianerías pesadas ventiladas por el exterior de la hoja principal, o ligeras ventiladas o no, con hoja interior de entramado autoportante.

m de la hoja interior (Kg/m²) = 26

$\mathbf{R_A}$ de la hoja interior (dBA) = 43

(7) Soluciones de elementos de separación horizontales específicas para el caso de garajes.

- **Entre paréntesis** figuran los valores que deben cumplir los elementos de separación horizontales entre un recinto protegido o habitable y recinto de instalaciones o de actividad

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

OPCIÓN DE DISEÑO SIMPLIFICADA: Elementos en contacto con el exterior.

Utilización tabla 3.4:

- 1º Conocer:
  - % de huecos (lucernarios) del forjado.
  - **$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)**: *Valor límite de aislamiento acústico a ruido aéreo entre un recinto protegido y el exterior* (**tabla 2.1** del DB HR).
- 2º Verificar:
  - Si la parte ciega cumple el parámetro mínimo de **$R_{A,tr}$** (dBA)
  - Si los huecos cumplen el parámetro mínimo de **$R_{A,tr}$** (dBA), dependiendo del $R_{A,tr}$ de la parte ciega.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

OPCIÓN DE DISEÑO SIMPLIFICADA: Elementos en contacto con el exterior.

Tabla 2.1 Valores de *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un *recinto protegido* y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d.

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario[1], docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

(1) En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

- **L_d:** Valor del índice de ruido día.
- Si no se disponen de datos oficiales, L_d =60 dBA en áreas residenciales.
- En fachadas a patios o zonas tranquilas, L_d se puede reducir 10 dBA.
- El **$D_{2m,nT,Atr}$** obtenido de la tabla se incrementará en 4dBA en zonas con ruido de aeronaves.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **DISEÑO ACÚSTICO**

<u>OPCIÓN DE DISEÑO SIMPLIFICADA</u>: Elementos en contacto con el exterior.

Extracto tabla 3.4 del método simplificado del DB HR

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Parte ciega ≠ 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Huecos — Porcentaje de huecos $R_{A,tr}$ de los componentes del hueco(2) dBA: Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
$D_{2m,nT,Atr}$ = 30	33	35	26	29	31	32	
		40	25	28	30		
		45	25	28	30		
$D_{2m,nT,Atr}$ = 32	35	35	30	32	34		
		40	27	30	32	34	35
		45	26	29	32	33	
	36	40	30	33	35	36	
		45	29	32			
		50	28	31			
		40	33	35			

1. Obtención valor $D_{2m,nT,Atr}$ de tabla 2.1

2. Conocer % huecos en el forjado

3. Verificar valores combinados de $R_{A,tr}$ de parte ciega y huecos

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AÉREO Y DE IMPACTOS. *Cumplimiento.***

Forjado cerámico sin solado

RESULTADOS DE ENSAYOS EN LABORATORIO		
FORJADO DE BOVEDILLA CERÁMICA (Sin solado)	**Aislamiento RUIDO AÉREO R_A (dBA)**	**Transmisión RUIDO IMPACTOS $L_{n,W}$ (dB)**
Forjado unidireccional canto 26 + 5 cm	53,5	86

Eficacia de losas flotantes sobre forjados cerámicos

RESULTADOS DE ENSAYOS EN LABORATORIO		
Losa flotante + Solado	**Mejora aislamiento RUIDO AÉREO ΔR_A (dBA)**	**Mejora transmisión RUIDO IMPACTOS $\Delta L_{n,W}$ (dB)**
Lámina de polietileno reticulado 5 mm IMPACTODAN 5 (DANOSA) + losa flotante 60 mm + solado	4,5	21
Lámina de poliestireno elastificado 25 mm POLIMPAC (POLIVAS) + losa flotante 60 mm + solado	14,1	41

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

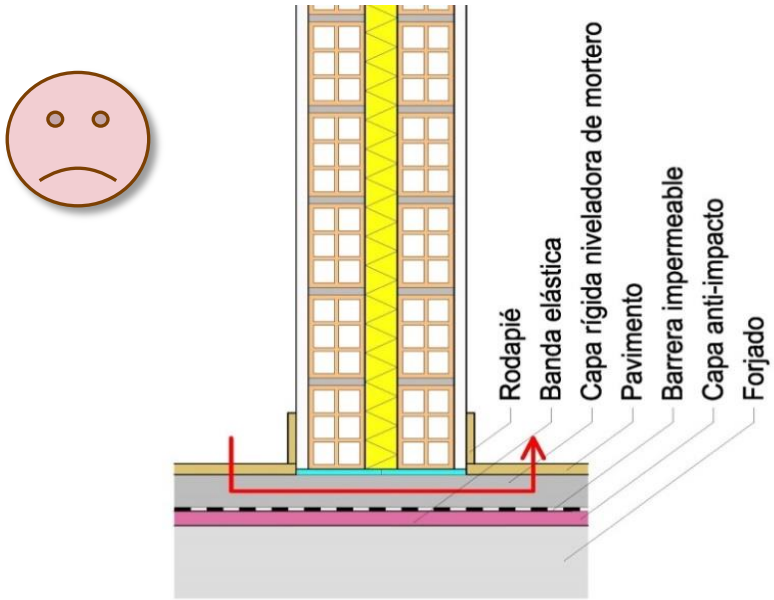
* **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AÉREO Y DE IMPACTOS.** ***Cumplimiento.***

EFICACIA DE OTRAS LOSAS FLOTANTES SOBRE FORJADOS CERÁMICOS	
Tipos de losas flotantes:	**$\Delta L_{n,w}$ (dB)**
Losa hormigón de 45 mm sobre paneles PF Arena de 15 mm (ISOVER)	34
Losa hormigón sobre 40 mm de polietileno expandido elastificado POLIMPAC (POLIVAS)	32
Losa hormigón sobre 9 mm de polietileno expandido no reticulado CHOVAIMPACT PLUS (CHOVA)	24
Tarima flotante de 8 mm sobre paneles PST de lana mineral de 24 mm (ISOVER)	22
Losa hormigón sobre 5 mm de polietileno expandido no reticulado CHOVAIMPACT 5 (CHOVA)	20

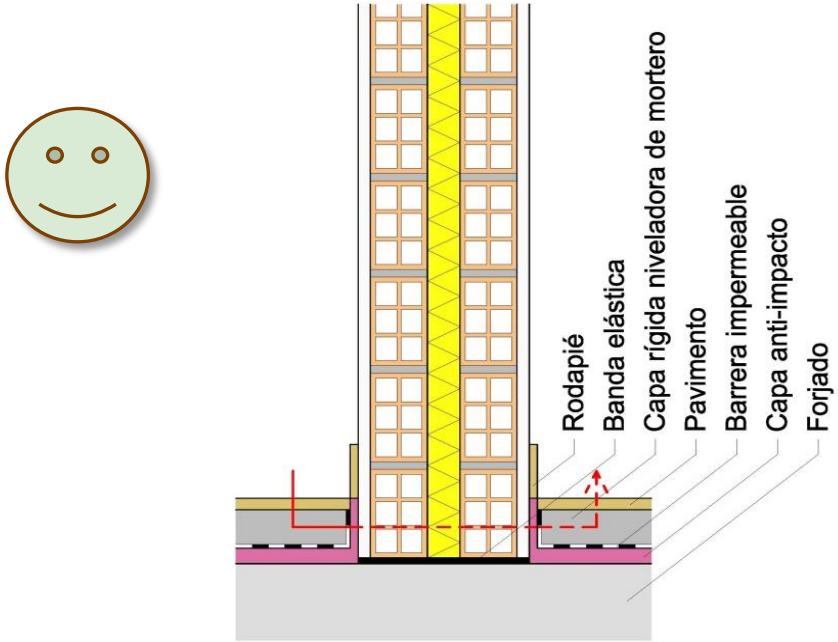
DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AÉREO Y DE IMPACTOS.** ***Cumplimiento.***

CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS SUELOS FLOTANTES:



INCORRECTO: SUELO FLOTANTE CONTINUO ENTRE RECINTOS. Transmisión del ruido a través del suelo flotante.



CORRECTO: SUELO FLOTANTE DISCONTINUO ENTRE RECINTOS. Interrupción de la transmisión del ruido al llegar a la pared separadora.

DB-HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

* **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AÉREO EXTERIOR. *Cumplimiento.***

CUMPLIMIENTO AISLAMIENTO A RUIDO EXTERIOR:

- Valores $\mathbf{R_{A,tr}}$ del *Catálogo de Elementos Constructivos* del CTE:

Forjado con bovedilla cerámica	R_{Atr}	Enlucido en la cara inferior	Cubierta con hormigón ligero de formación de pendientes	Con FT suspendido con cámara ≥10 cm y lana mineral ≥5 cm
Unidireccional	48, 50 dBA	+ 2 dBA	+ 2 dBA	ΔR_A= 7 dBA
Reticular	48, 50, 52 dBA			

- Según tabla 3.4 del MÉTODO SIMPLIFICADO del CTE: El $\mathbf{R_{A,tr}}$ requerido a un forjado, para la gran mayoría de los casos, es **≤45 dBA.**
- **El forjado de bovedilla cerámica cumpliría, por sí mismo, el requisito de aislamiento acústico a ruido exterior.**
- En situaciones muy desfavorables, bastaría con la mejora que aportan los revestimientos y recrecidos.

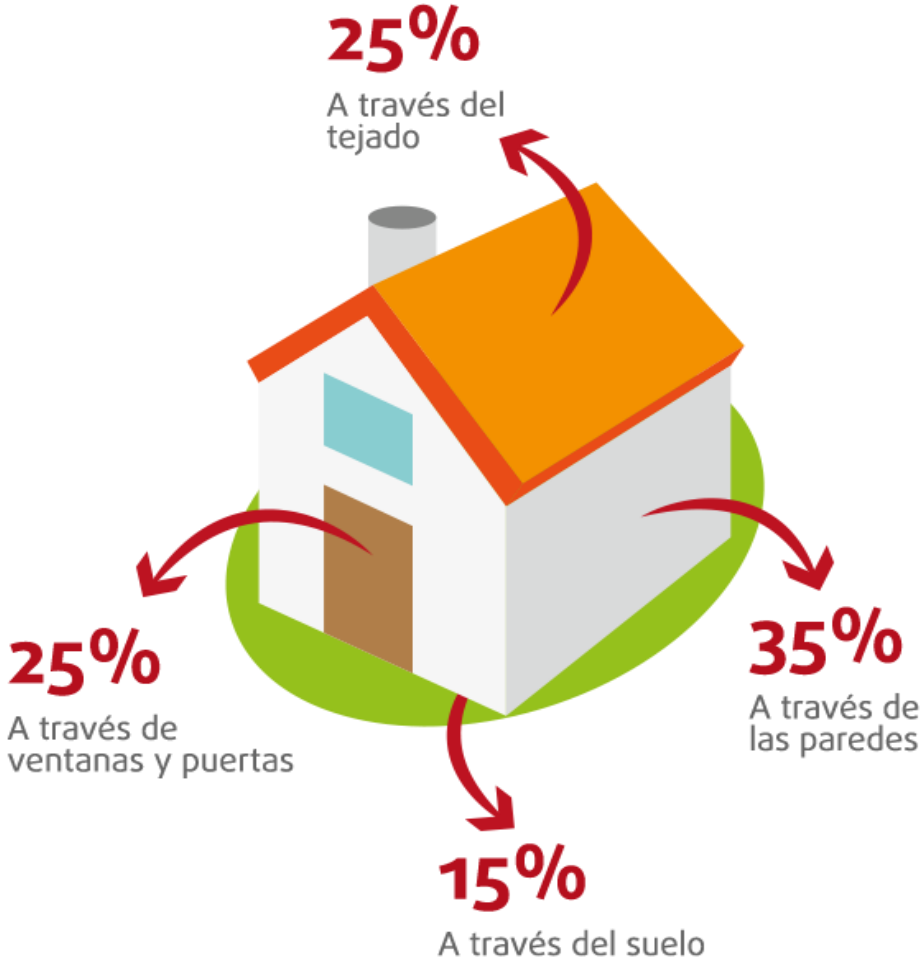
DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **PÉRDIDAS DE CALOR A TRAVÉS DE LOS FORJADOS**

Forjados de cubierta
+
Forjados sanitarios o en contacto con el terreno

~ 40% pérdidas de calor en los edificios

Las **bovedillas cerámicas** aportan **buenas propiedades térmicas** a los forjados de los edificios.



DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* El **OBJETIVO** del **DB HE 2013** es el uso racional de la energía en los edificios.
  Requisitos:
  - **Limitación del consumo de energía no renovable** para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS.
  - **Limitación de la demanda energética** de calefacción y refrigeración.

* **EVOLUCIÓN del DB HE:**

DB HE 2006: Se basa en buenas prestaciones térmicas de la envolvente

↓

DB HE 2013: Aumento notable de las exigencias de aislamiento térmico y consideración de más factores para la justificación térmica del edificio.

↓

Próximo DB HE 2018: Edificios con consumo de energía primaria casi nulo.

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CUMPLIMIENTO DEL DB HE:**

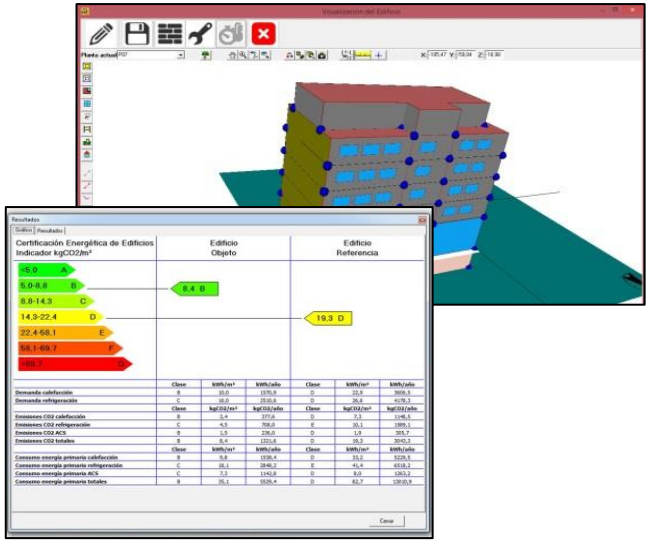
- Localización. Zona climática. Microclima local.
- Orientación. Soleamiento.
- Tansmitancia térmica de los cerramientos.
- Puentes térmicos.
- Ventilación.
- Instalaciones.
- Compacidad del edificio.
- Huecos (dimensiones, transmitancia…).
- Infiltración. Permeabilidad de los huecos.
- Sombreamiento por obstáculos remotos. Sistemas sombreamiento de los huecos.

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **DISEÑO TÉRMICO.**

Múltiples **factores** afectan al cumplimiento del DB HE

Hacen necesario CÁLCULO DEL EDIFICIO mediante **herramienta unificada LIDER-CALENER** o software equivalente



DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **DISEÑO TÉRMICO:**

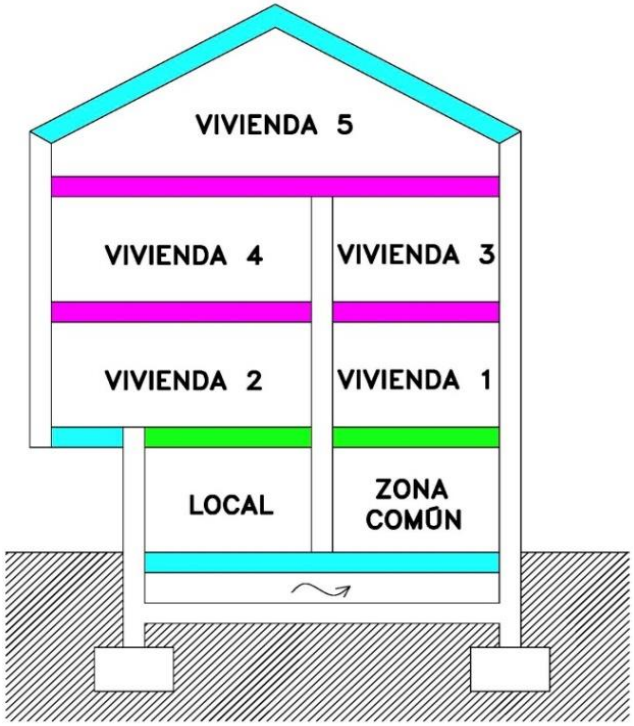
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LOS FORJADOS.

- Para el diseño térmico del edificio, en el caso de uso residencial privado, uno de los datos de partida es la **TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS** que forman parte de:

•Envolvente térmica del edificio.

• Particiones interiores delimitadoras de unidades de distinto uso, zonas comunes y medianerías.

• Particiones interiores delimitadoras de unidades del mismo uso.



DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Exigencia**
  - Para los forjados, las exigencias de transmitancia térmica máxima es:

Exigencias de TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA en forjados [W/m²·K]		ZONA CLIMÁTICA					
		α	A	B	C	D	E
Tabla 2.3 DB HE-1	$U_{máx}$ cubiertas y suelos en contacto con el aire o espacios no habitables	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Tabla 2.4 DB HE-1	$U_{máx}$ particiones horizontales que delimitan con unidades de distinto uso o zonas comunes	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70
Tabla 2.5 DB HE-1	$U_{máx}$ particiones horizontales que delimitan unidades residenciales entre sí	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Valores orientativos predimensionamiento**
  - Sólo cumpliendo las exigencias de $\mathbf{U_{máx}}$ no se cumplen las exigencias de limitación de consumo y demanda energética.
  - El **Apéndice E del DB HE** indica **valores orientativos de predimensionamiento**, no obligatorios, para realizar el diseño térmico del edificio:

TRANSMITANCIA TÉRMICA en forjados [W/m²·K]			ZONA CLIMÁTICA					
			α	A	B	C	D	E
Apéndice E, DB HE	**U orientativos** de suelos y cubiertas que forman la envolvente térmica	U_S	0,53	0,53	0,46	0,36	0,34	0,31
		U_C	0,50	0,47	0,33	0,23	0,22	0,19

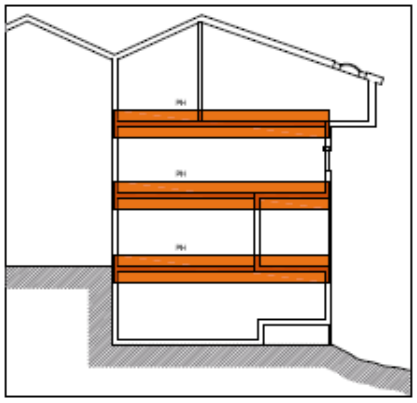
U_S : transmitancia térmica de suelo.
U_C : transmitancia térmica de cubierta.

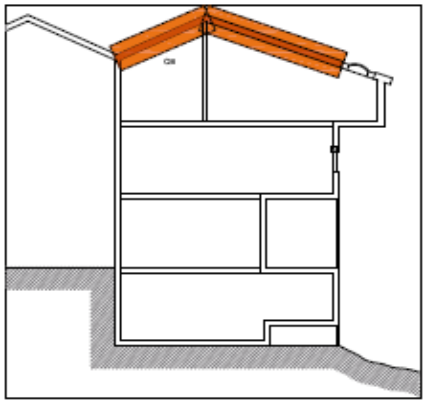
DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

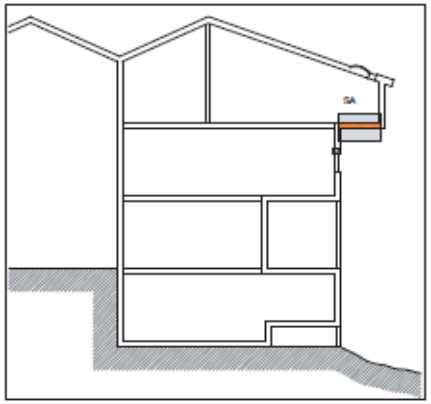
* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Cumplimiento**

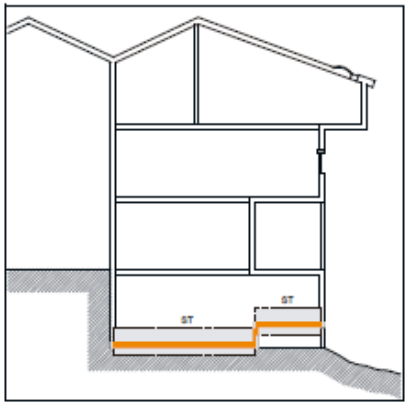
- El diseño térmico requiere el cálculo de la transmitancia del forjado **U**. Métodos:
  - Métodos simplificados: **DA DB-HE/1.**
  - Tablas del **CATÁLOGO DE SOLUCIONES CERÁMICAS para el cumplimiento del CTE**

Partición interior horizontal	Cubierta	Suelos en contacto con el terreno y cámaras sanitarias	Suelos en contacto con el aire exterior









DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Cumplimiento**

Utilización del CATÁLOGO DE SOLUCIONES CERÁMICAS: **CRITERIOS GENERALES**

- **Datos de entrada para usar las tablas del Catálogo:**
  - Solución constructiva: Escoger la más similar o equivalente al caso en estudio.
  - Transmitancia térmica (U) exigida al elemento constructivo: Valor exacto o intervalo de valores.

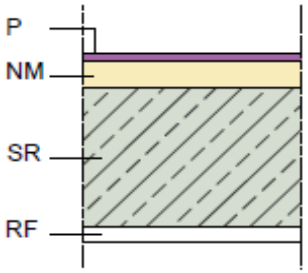
- **Dato obtenido de las tablas del Catálogo:**
  - Se obtiene la resistencia térmica del aislante térmico $\mathbf{R_{AT}}$ (m^2K/W): valor exacto o interpolación.
  - Cálculo del espesor del aislante térmico $\mathbf{e_{AT}}$ (m): dependerá del coeficiente de conductividad térmica $\boldsymbol{\lambda}$ (W/m·K) del tipo de aislamiento elegido:

$$\boxed{e_{AT} = R_{AT} / \lambda}$$

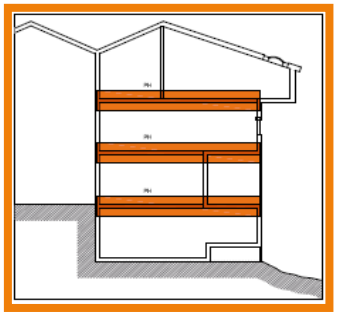
DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Cumplimiento**

Utilización del catálogo de soluciones cerámicas: **PARTICIÓN INTERIOR HORIZONTAL**



Limitación U exigida en DB HE



Elección solución constructiva

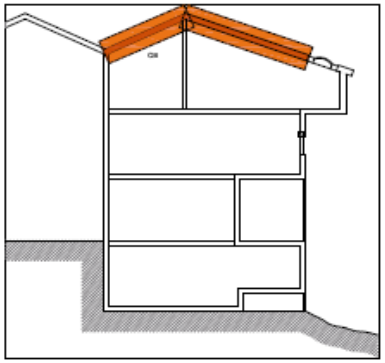
Código	Canto (cm)	SI [1] (EI)	HE $U_{lim,mod}$ 0,50	0,70	0,90	1,10	1,30	1,50	1,70	1,90
			Resistencia térmica mínima del aislante R_{AT} (m^2K/W)							
PH01.U.EC.a	20+5	EI 90 [2]	1,49	0,91	0,60	0,40	0,26	0,15	0,07	0,01
PH01.U.EC.b	25+5	EI 90 [2]	1,45	0,87	0,56	0,36	0,22	0,11	0,03	-
PH01.U.EC.c	30+5	EI 90 [2]	1,42	0,84	0,53	0,33				
PH01.R.EC.a	20+5	EI 120	1,62	1,04	0,73	0,53				
PH01.R.EC.b	25+5	EI 120	1,59	1,01	0,70	0,50	0,36	0,25	0,17	0,11
PH01.R.EC.c	30+5	EI 120	1,57	0,99	0,68	0,48	0,34	0,23	0,15	0,09

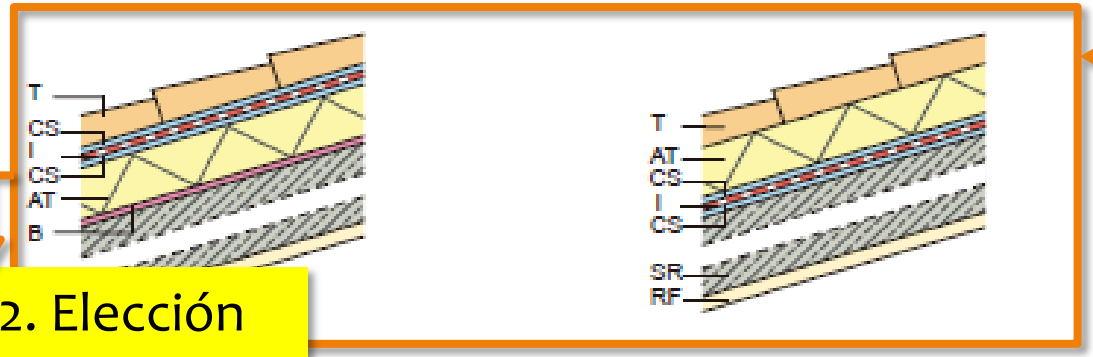
Obtención R_{AT}

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Cumplimiento**

Utilización del **Catálogo de Soluciones Cerámicas**: **CUBIERTA**





1. Elección tipo de cubierta

2. Elección solución constructiva

3. Limitación U exigida en DB HE

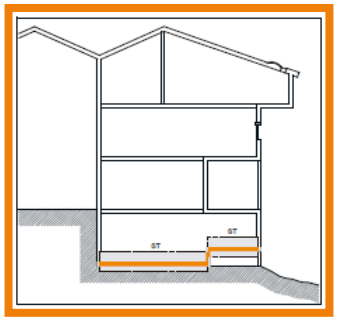
4. Obtención R_{AT}

Código	Canto (cm)	SI[1]	HE										
			$U_{lim\ mod}$										
			0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	E 0,35	D 0,38	0,4	C 0,41	B 0,45	A 0,5
			Resistencia térmica mínima del aislante R_{AT} (m^2K/W)										
QB09.U.EC.a	20+5	EI 30[2]	9,60	6,27	4,60	3,60	2,94	2,[illegible]	2,23	2,10	2,04	1,82	1,60
QB09.U.EC.b	25+5		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2,42	[illegible]				[illegible]
QB09.U.EC.c	30+5		9,53	6,20	4,53	3,53	2,87	2,39	2,16	2,03	1,97	1,75	1,53

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Cumplimiento**

Utilización del catálogo de soluciones cerámicas: **SUELOS SOBRE C. SANITARIA h > 1 m**



Elección solución constructiva

Limitación U exigida en DB HE (ejemplo de intervalo)

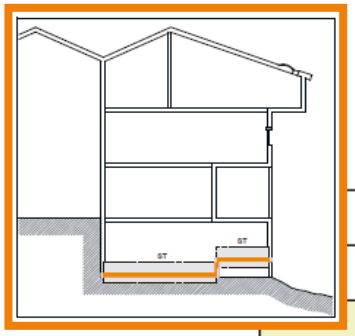
HE Suelos elevados a una profundidad menor o igual a 0,5 m						
Código	Canto	Altura de la cámara h > 1m				
		R_{AT} aislante térmico (m^2K/W)				
		A (0,53)	B (0,52)	C (0,50)	D (0,49)	E (0,48)
ST01.U.EC.a	20+5	1,37	1,41	1,49	1,53	1,57
ST01.U.EC.b	25+5	1,33	1,37	1,45		
ST01.U.EC.c	30+5	1,30	1,34	1,42		

Obtención R_{AT} (interpolación)

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Cumplimiento**

Utilización del catálogo de soluciones cerámicas: **SUELOS SOBRE C.SANITARIA h ≤ 1 m**



Elección solución constructiva

Limitación U exigida en DB HE (ejemplo de intervalo)

B'	levados a una profundidad menor o igual														
	Altura de la cámara h ≤ 1m														
	Zona climática														
	A (0,53)			B (0,52)			C (0,50)			D (0,49)			E (0,48)		
	Canto del forjado														
	20+5	25+5	30+5	20+5	25+5	30+5	20+5	25+5	30+5	20+5	25+5	30+5	20+5	25+5	30+5
	R_{AT} aislamiento térmico (m^2K/W)														
5	0,98	0,94	0,91	1,03	0,99	0,96	1,12	1,08	1,05	1,17	1,13	1,10	1,21	1,17	1,14
6	0,96	0,92	0,89	0,98	0,94	0,91	1,08	1,04	1,01	1,12	1,08	1,05	1,17	1,13	1,10
	0,90	0,86	0,83	0,93	0,89	0,86	0,98	0,94	0,91	1,03	0,99	0,96	1,08	1,04	1,01
	0,86	0,82	0,79	0,89	0,85	0,82	0,95					91	1,03	0,99	0,96
	0,82	0,78	0,75	0,85	0,81	0,78	0,92					88	0,98	0,94	0,91
	0,78	0,74	0,71	0,82	0,78	0,75	0,88					85	0,95	0,91	0,88

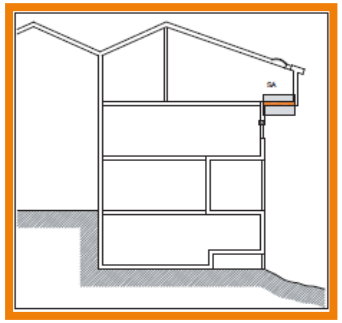
B'=A/0,5P
A área solera
P perímetro solera

Obtención R_{AT} (interpolación)

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

* **TRANSMITANCIAS TÉRMICAS DB HE. Cumplimiento**

Utilización del catálogo de soluciones cerámicas: **SUELOS EN CONTACTO CON EL EXTERIOR**



Elección solución constructiva

Limitación U exigida en DB HE

Código	Canto (cm)	HE				
		Zona climática				
		A (0,53)	B (0,52)	C (0,50)	D (0,49)	E (0,48)
		Resistencia térmica mínima del aislante R_{AT} (m^2K/W)				
SA01.U.EC.a	20+5	1,37	1,41	1,49	1,53	1,57
SA01.U.EC.b	25+5	1,33	1,37	1,45	1,49	1,53
SA01.U.EC.c	30+5	1,30	1,34	1,42	1,46	1,50
SA01.R.EC.a	20+5	1,50	1,54	1,62	1,66	1,70
SA01.R.EC.b	25+5	1,47	1,51	1,59	1,63	1,67
SA01.R.EC.c	30+5	1,4[illegible]	[illegible]	[illegible]	1,61	1,65

Obtención R_{AT}

DB-HE. AHORRO DE ENERGÍA

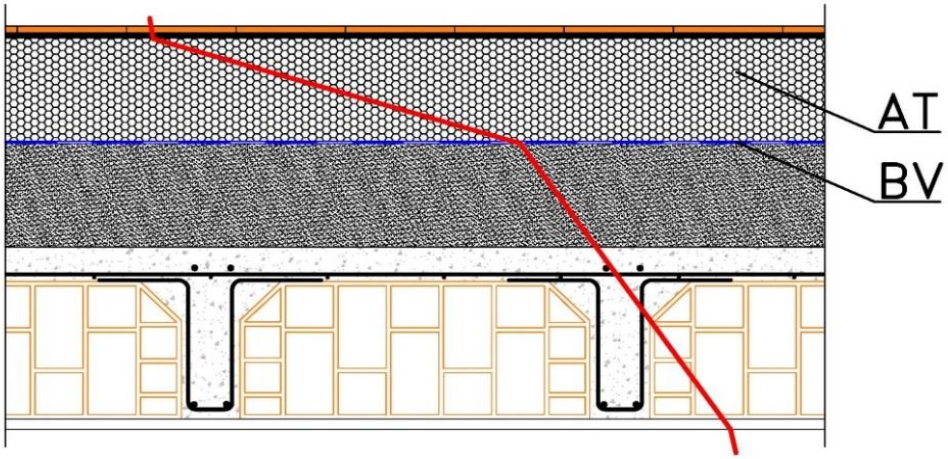
* **LIMITACIÓN DE CONDENSACIONES SUPERFICIALES E INTERSTICIALES**

a) Condensaciones superficiales: Para evitarlo se establece un límite máximo de humedad relativa media mensual sobre la superficie del cerramiento.

- No necesita verificación si el cerramiento cumple con los valores de transmitancia máxima establecidos en las tablas 2.3 y 2.4 del DB HE1 y pertenece a un espacio de clase de higrometría 4 o inferior.

b) Condensaciones intersticiales: Se comprueba comparando la presión de vapor en la superficie de cada capa y la presión de vapor de saturación.

- No necesita verificación si se dispone de barrera contra el vapor de agua en la parte caliente del cerramiento o partición con espacios no habitables con alto nivel de humedad.



4. DISEÑO DE FORJADOS CERÁMICOS. CTE

CTE
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

DB-SE

- Correcta ejecución por facilidad de montaje y calidad de la bovedilla cerámica (Marcado CE)
- Caracterización de la bovedilla cerámica en los programas de cálculo estructural

DB-HR

- Buenas prestaciones de aislamiento acústico
- Recogidos en la Herramienta Silensis de diseño acústico de Hispalyt

DB-SI

- Clasificación A1 de reacción al fuego
- REI ≥ 90’ en forjados cerámicos revestidos

DB-HE

- Buenas propiedades higrotérmicas
- Diseño térmico con el Catálogo de Soluciones Cerámicas de Hispalyt

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

FORJADOS CERÁMICOS:

- Prestaciones técnicas
- Alto valor estético
- Aptitud como elemento visto

Obras inspiradas en la arquitectura tradicional

Nueva corriente arquitectónica:

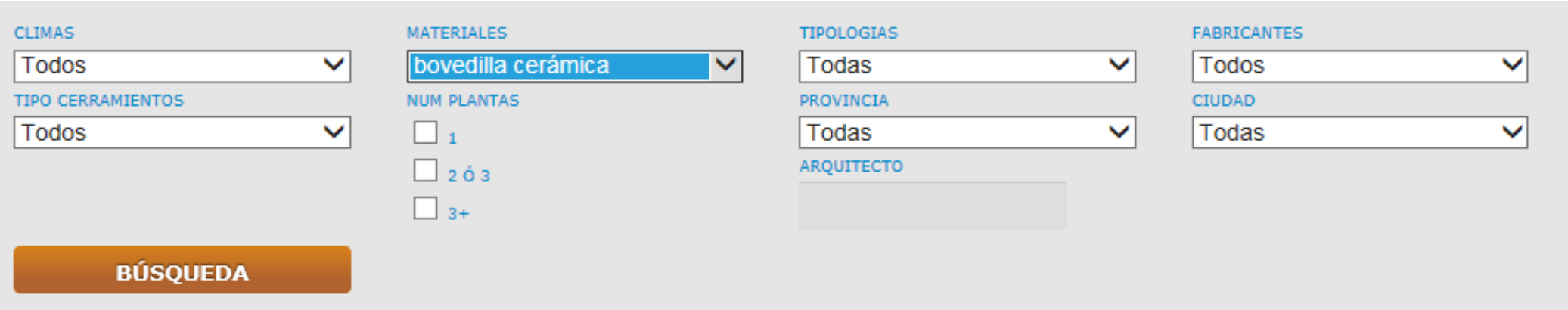
Recupera valores originales de los materiales cerámicos

conarquitectura

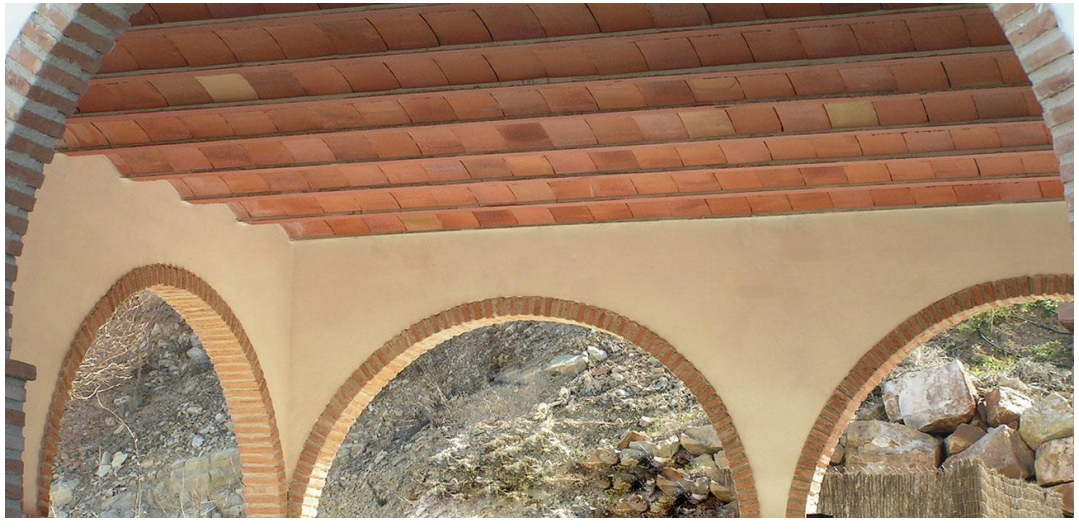
www.conarquitectura.com

Publicación especializada en proyectos arquitectónicos realizados con materiales cerámicos. Enlace al buscador de obras de conarquitectura:

Buscador de OBRAS
útil información de soluciones constructivas



OBRAS DE ESTÉTICA TRADICIONAL



5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

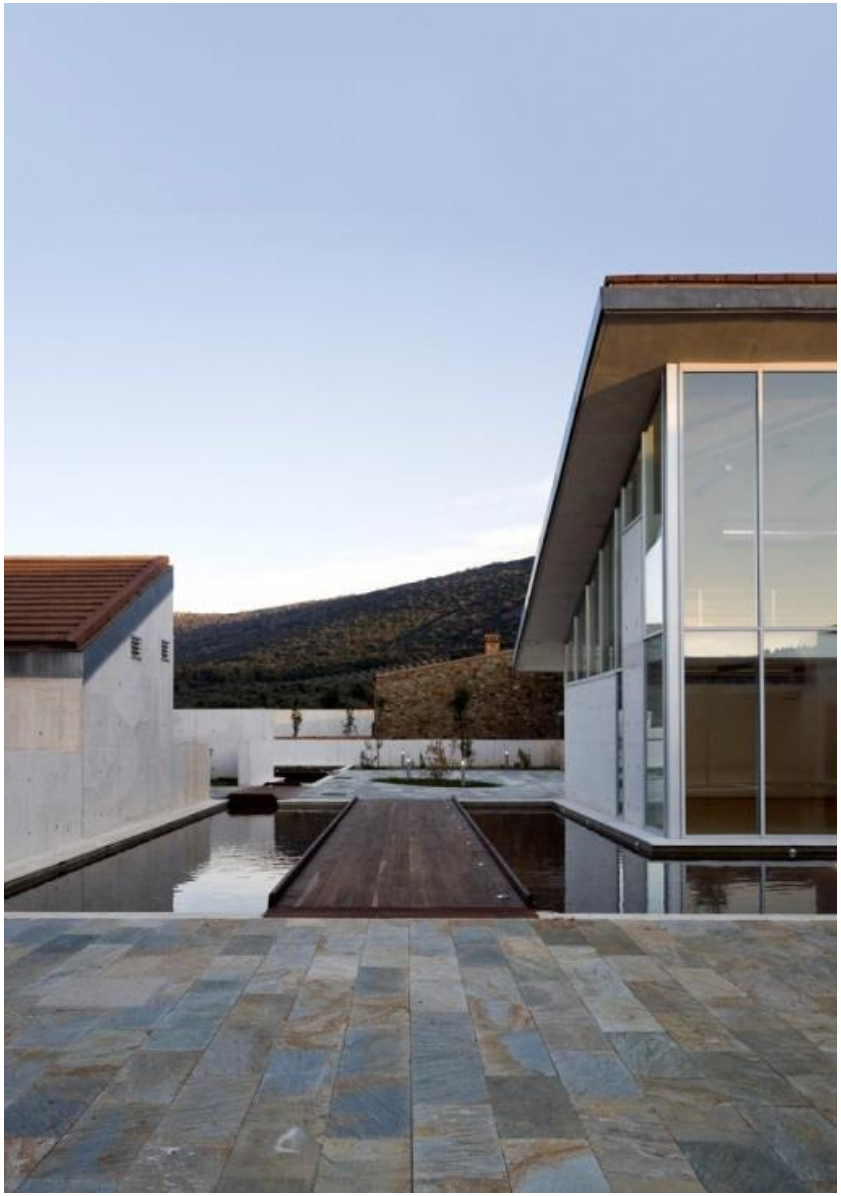
Centro de Visitantes y Museo Interactivo del Parque Nacional de Cabañeros
Horcajo de los Montes, Ciudad Real
Álvaro Planchuelo

Forjado planta baja: forjado pretensado autorresistente con bovedilla cerámica y capa de compresión.

Centro de Visitantes y Museo Interactivo del Parque Nacional de Cabañeros
Horcajo de los Montes, Ciudad Real
Álvaro Planchuelo

Forjado planta baja: forjado pretensado autorresistente con bovedilla cerámica y capa de compresión.

EDIFICIOS VANGUARDISTAS



Centro de Visitantes y Museo Interactivo del Parque Nacional de Cabañeros
Horcajo de los Montes, Ciudad Real
Álvaro Planchuelo

Forjado planta baja: forjado pretensado autorresistente con bovedilla cerámica y capa de compresión.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

Vivienda Unifamiliar IA
Pozuelo de Alarcón, Madrid
Landínez+Rey | eL2Gaa

Forjados de vigueta pretensada y bovedilla cerámica/poliestireno, e=20+5, intereje 80

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

Vivienda Unifamiliar IA
Pozuelo de Alarcón, Madrid
Landínez+Rey | eL2Gaa

Forjados de vigueta pretensada y bovedilla cerámica/poliestireno, e=20+5, intereje 80

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

Vivienda Unifamiliar IA
Pozuelo de Alarcón, Madrid
Landínez+Rey | eL2Gaa

Forjados de vigueta pretensada y bovedilla cerámica/poliestireno, e=20+5, intereje 80

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Casa «Como una nave agrícola»
Camallera, Girona
Anna & Eugeni Bach

Forjados vistos unidireccionales de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Casa «Como una nave agrícola»
Camallera, Girona
Anna & Eugeni Bach

Forjados vistos unidireccionales de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Casa «Como una nave agrícola»
Camallera, Girona
Anna & Eugeni Bach

Forjados vistos unidireccionales de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica

Casa «Como una nave agrícola»
Camallera, Girona
Anna & Eugeni Bach

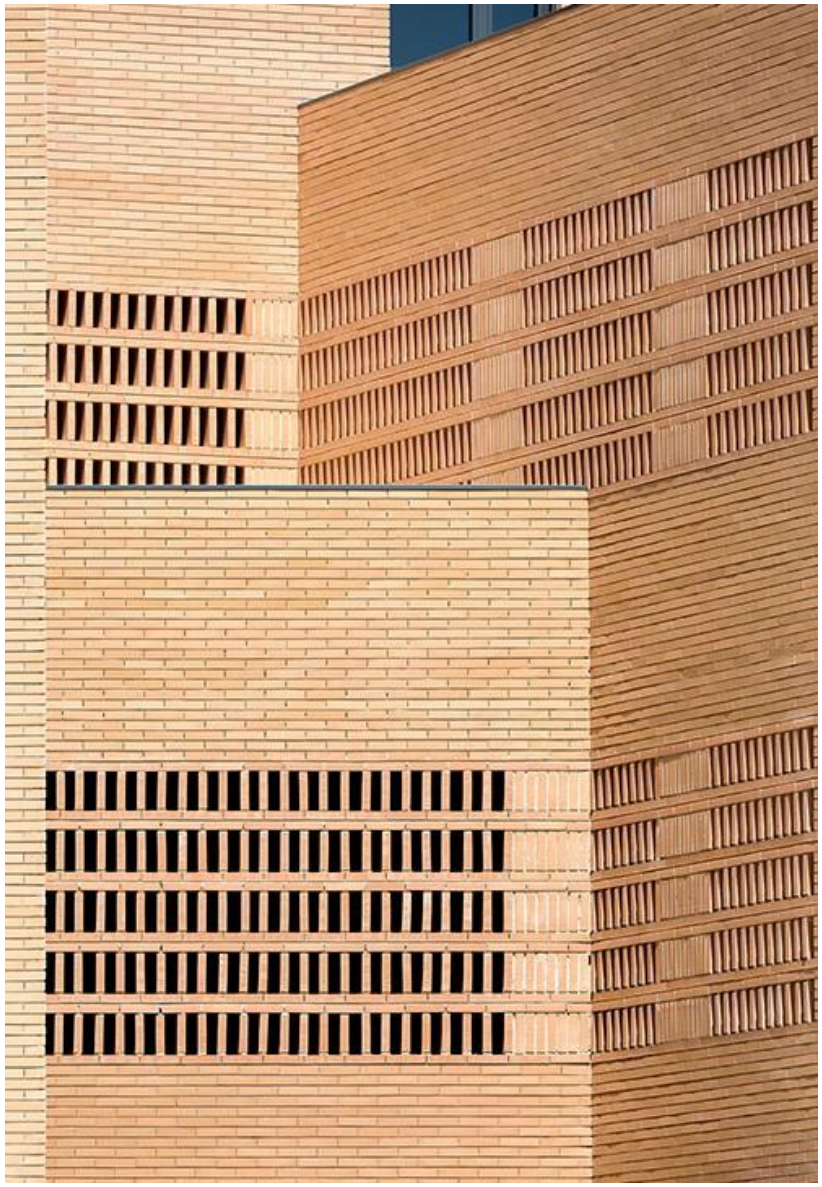
Forjados vistos unidireccionales de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Ampliación de colegio para pabellón infantil y usos anejos
Zaragoza
Carlos Labarta, José Antonio Alfaro y Alejandro Dean
Forjados vistos de vigueta autorresistente y bovedilla cerámica curva, e=25+5.

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS



Ampliación de colegio para pabellón infantil y usos anejos
Zaragoza
Carlos Labarta, José Antonio Alfaro y Alejandro Dean
Forjados vistos de vigueta autorresistente y bovedilla cerámica curva, e=25+5.

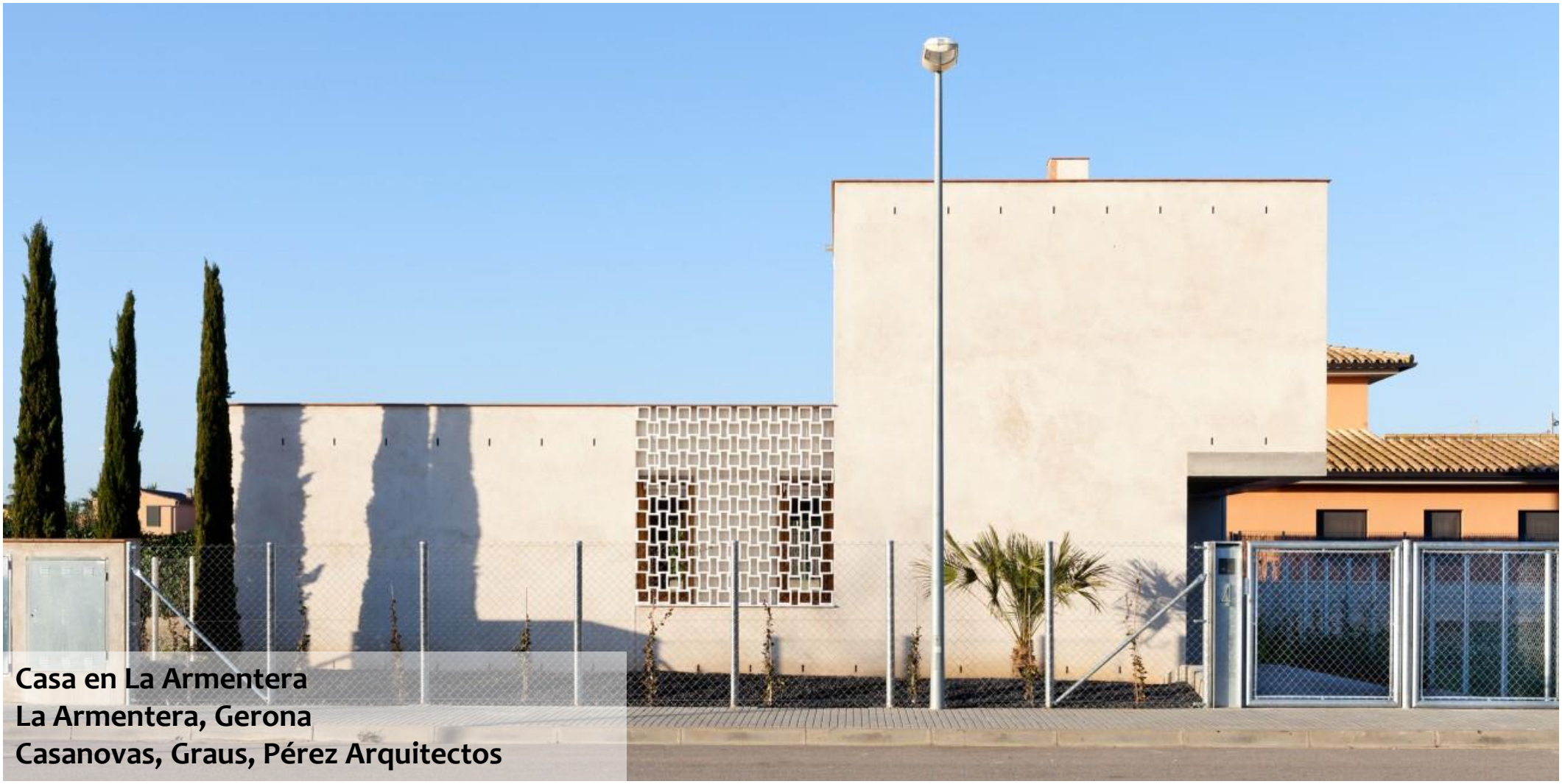
5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Ampliación de colegio para pabellón infantil y usos anejos
Zaragoza
Carlos Labarta, José Antonio Alfaro y Alejandro Dean
Forjados vistos de vigueta autorresistente y bovedilla cerámica curva, e=25+5.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

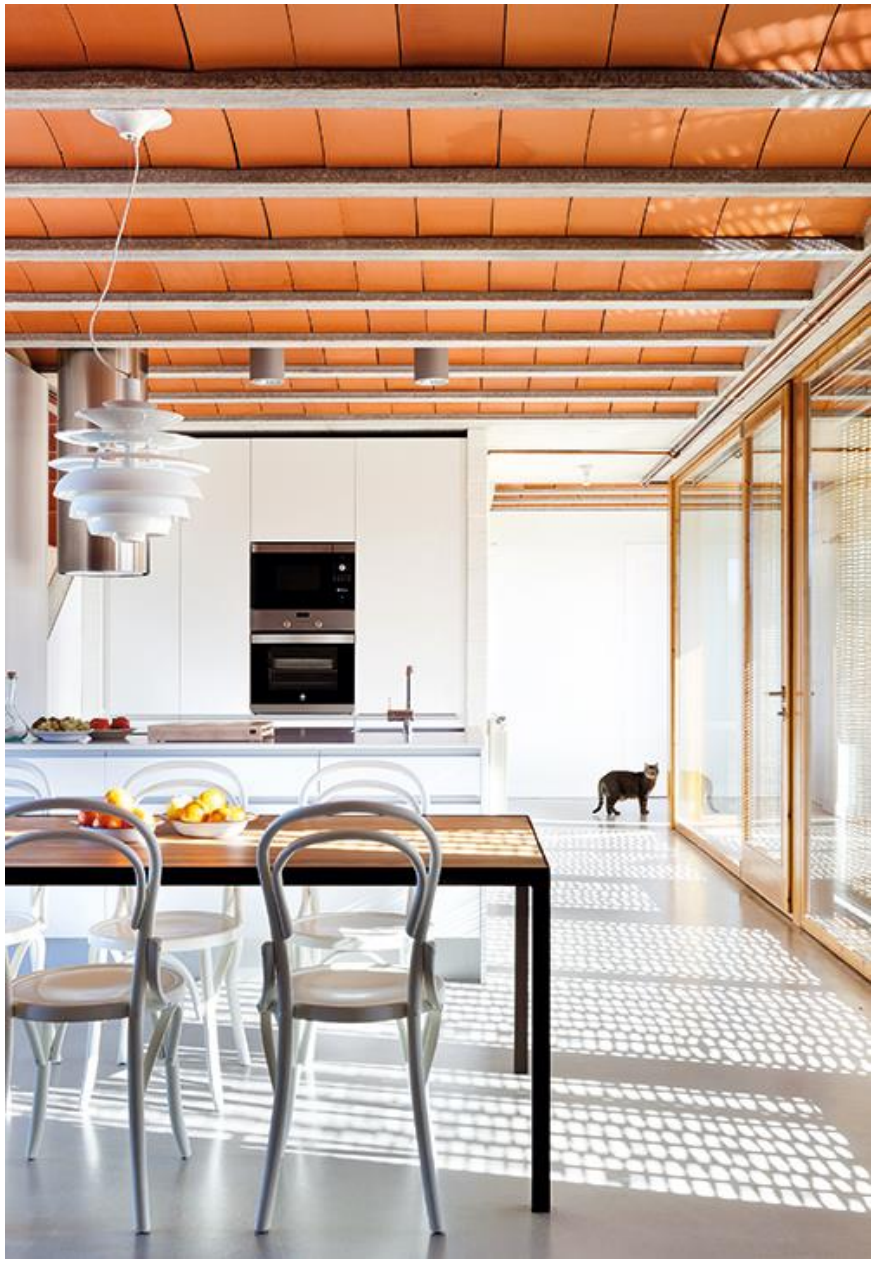


Casa en La Armentera
La Armentera, Gerona
Casanovas, Graus, Pérez Arquitectos

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica curva lisa.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS



Casa en La Armentera
La Armentera, Gerona
Casanovas, Graus, Pérez Arquitectos

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica curva lisa.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Casa en La Armentera
La Armentera, Gerona
Casanovas, Graus, Pérez Arquitectos

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica curva lisa.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Casa Anoro
Sant Esteve de Palautordera, Barcelona
Anna & Eugeni Bach

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Casa Anoro
Sant Esteve de Palautordera, Barcelona
Anna & Eugeni Bach

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Casa Anoro
Sant Esteve de Palautordera, Barcelona
Anna & Eugeni Bach

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica

Espacio transmisor del Túmulo / Dolmen megalítico 2800 A.C.
Seró - Artesa de Segre, Lleida.
Toni Gironés Saderra

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica. Pavimentos de bovedilla y rasilla cerámica.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

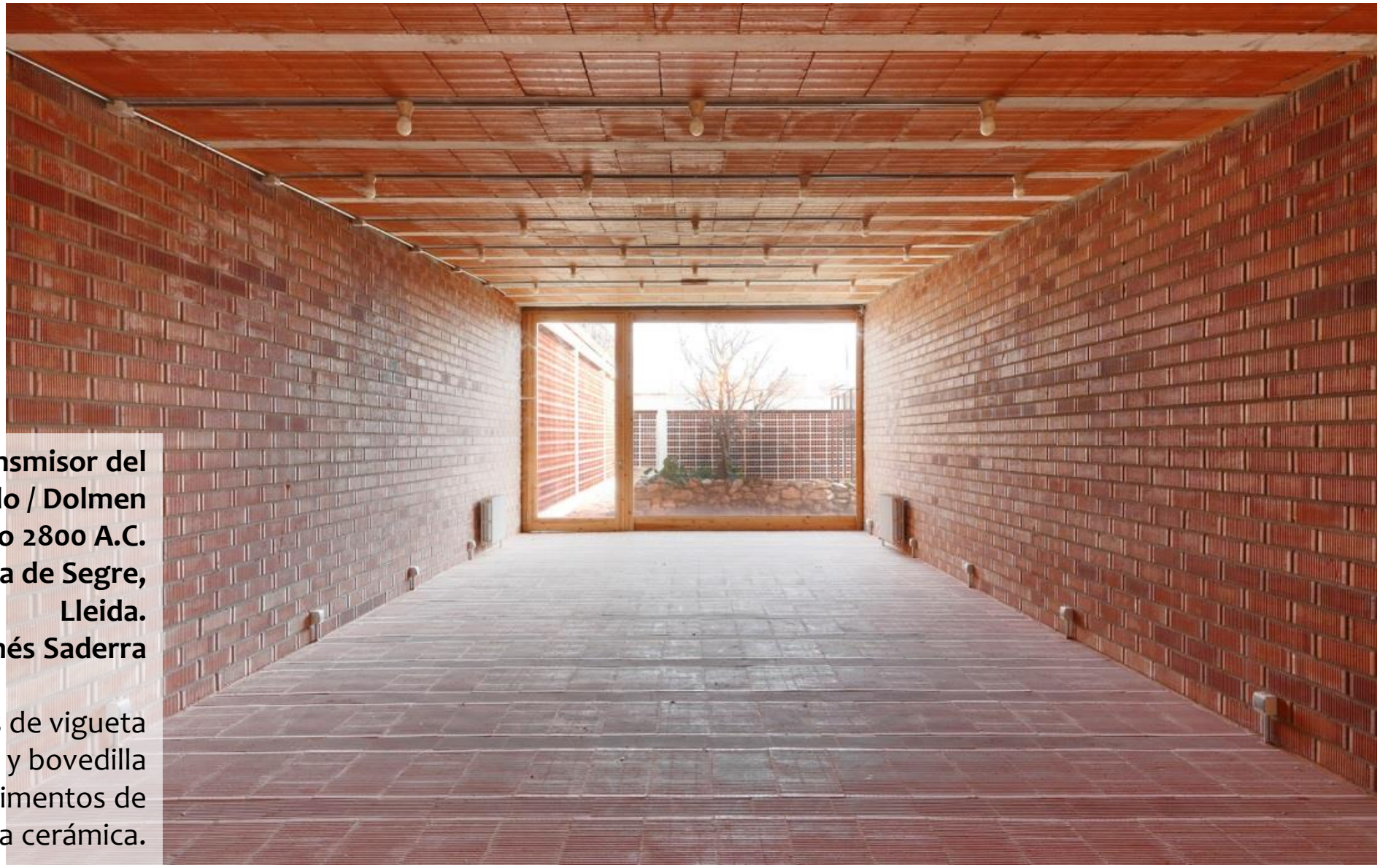
EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Espacio transmisor del Túmulo / Dolmen megalítico 2800 A.C.
Seró - Artesa de Segre, Lleida.
Toni Gironés Saderra

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica. Pavimentos de bovedilla y rasilla cerámica.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

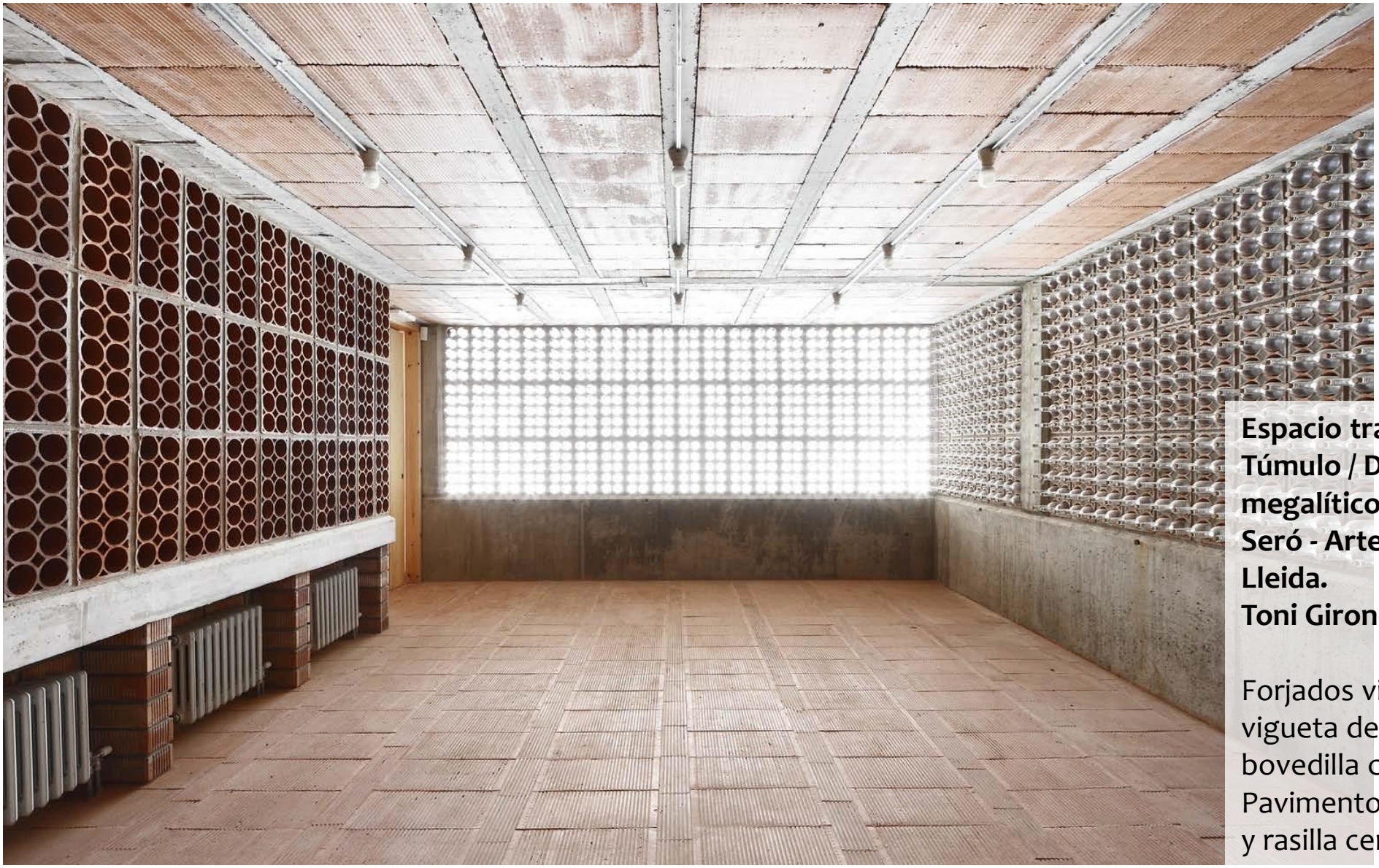


Espacio transmisor del Túmulo / Dolmen megalítico 2800 A.C. Seró - Artesa de Segre, Lleida.
Toni Gironés Saderra

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica. Pavimentos de bovedilla y rasilla cerámica.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS



Espacio transmisor del Túmulo / Dolmen megalítico 2800 A.C. Seró - Artesa de Segre, Lleida.
Toni Gironés Saderra

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica. Pavimentos de bovedilla y rasilla cerámica.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Espacio transmisor del Túmulo / Dolmen megalítico 2800 A.C. Seró - Artesa de Segre, Lleida.
Toni Gironés Saderra

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica. Pavimentos de bovedilla y rasilla cerámica.

5. NUEVA ARQUITECTURA CON FORJADOS CERÁMICOS

EDIFICIOS VANGUARDISTAS – FORJADOS VISTOS

Espacio transmisor del Túmulo / Dolmen megalítico 2800 A.C. Seró - Artesa de Segre, Lleida.
Toni Gironés Saderra

Forjados vistos de vigueta de hormigón y bovedilla cerámica. Pavimentos de bovedilla y rasilla cerámica.

OTROS USOS IMPREVISTOS

Mobiliario urbano Schlickeysen
Centro Cultural Conde Duque, Madrid

FORJADOS HISPALYT

www.bovedillaceramica.es

Bovedillas

Presentación | Fabricantes | Bovedillas | Forjados cerámicos | Jornadas Técnicas | Publicaciones | Obras realizadas

Fabricantes

En este apartado se encuentra un buscador y un listado con información sobre los fabricantes de la Sección de Forjados de Hispalyt:

Provincia
Ciudad Real
Córdoba
Jaén
Toledo

Nombre fabricante

☐ Mostrar todos

Buscar Fabricantes | Nueva búsqueda

Tenga en cuenta que:

- El listado muestra por defecto los fabricantes ordenados alfabéticamente por su nombre.
- Si desea ver los resultados obtenidos en una sola página nueva (listado no paginado) puede seleccionar el enlace imprimir listado.

Parámetros de búsqueda

1.-Mostrar todos los fabricantes.

Resultado 9 fabricantes — Imprimir listado

	FABRICANTE	PROVINCIA	PRODUCTOS
	ASCLEPIADES FERNANDEZ S.L. Email: ventas@ceramicasasclepiades.com Url: www.ceramicasasclepiades.com Dirección: Cno. a Torrenueva, Km. 1,500 13730 Santa Cruz de Mudela Tel: 926 349 049 Fax: 926 349 050	Ciudad Real	Forjados Cerámicos Bovedilla Bovedilla curva
	CERAMICA LA UNION S.L. Email: ceramicalaunion@wanadoo.com Url: www.ceramicalaunion.es Dirección: Cno antiguo de Bailén Motril KM1,2 23710 Bailén Tel: 953 671 199 Fax: 953 671 800	Jaén	Forjados Cerámicos Bovedilla Bovedilla curva Tabiques y liluns cerámicos para revestir Ladrillo hueco gran formato Bloque perforación vertical Bloque Perforación Vertical Aligerado
	CERAMICA MATAO S.L. Email: cmataos@terra.es Url: www.rusticolamancha.com Dirección: Camino de la Muela s/n 13730 Santa Cruz de Mudela Tel: 926 349 058 Fax: 926 343 176	Ciudad Real	Forjados Cerámicos Bovedilla Bovedilla curva Tejas Cerámicas Teja curva
	CERAMICA PEÑO S.L. Email: comercial@ceraspe.es Url: www.ceramicapeno.es Dirección: Cno. Montescloros, Km. 1200 (Apdo. Correos 142) 45600 Talavera de la Reina Tel: 925 802 211 Fax: 925 828 537	Toledo	Forjados Cerámicos Bovedilla Bovedilla curva Casetones cerámicos Tabiques y liluns cerámicos para revestir Ladrillo hueco Ladrillo hueco gran formato Ladrillo perforado no visto Bloque Perforación Vertical Aligerado
	PROCERAN S.A.U. Email: proceran@proceran.es Url: www.grupodiaredondo.com Dirección: Cno. Montoro a Puente Genil KM 65 14920 Aguilar de la Frontera Tel: 957 658 000 Fax: 957 658 001	Córdoba	Forjados Cerámicos Bovedilla Bovedilla curva Casetones cerámicos Tabiques y liluns cerámicos para revestir Ladrillo hueco Ladrillo perforado no visto Otros Conductos de ventilación

Inicio | Aviso Legal | Política de cookies | Enlaces de Interés | Contacto

© Hispalyt 2018 - C/ Orense, 10 - 2ª Planta, Ofic. 13-16 28020 MADRID - Tel: 917 709 080 - Fax: 917 709 081 - Email: hispalyt@hispalyt.es

Bovedillas

- TIPOS DE BOVEDILLAS CERÁMICAS
- CARACTERÍSTICAS DE LA BOVEDILLA CERÁMICA
- SOSTENIBILIDAD DE LA BOVEDILLA CERÁMICA

TIPOS DE BOVEDILLAS CERÁMICAS

Según su función: la norma UNE-EN 15037-3 distingue los siguientes tipos de bovedilla:

- **Bovedilla aligerante (LNR) y no resistente (NR):** Su única función mecánica es servir de encofrado durante la construcción del forjado. Los sistemas de forjado construidos con bovedillas aligerantes siempre tienen una capa estructural "in situ".
- **Bovedilla semi-resistente (SR) y resistente (RR):** Participan en la transmisión de las cargas a las viguetas. En el caso de las resistentes, sus alas superiores pueden llegar a hacer la función de losa de compresión.

Actualmente en España sólo se fabrican bovedillas aligerantes y no resistentes.

Según el tipo de forjado: las bovedillas cerámicas pueden tener diferentes formas, dependiendo del tipo de forjado:

- **Bovedilla cerámica con aletas o cejas:** Para forjados unidireccionales con viguetas prefabricadas.
- **Casetón o bovedilla cerámica sin aletas:** Para forjados unidireccionales con viguetas hormigonadas "in situ".
- **Casetón o bovedilla cerámica sin aletas y cegada:** Para forjados reticulares.

"Bovedilla cerámica con aletas o cejas" — Casetón cerámico — Casetón cerámico cegado

Según el tipo de vigueta: dentro de las bovedillas con aletas de apoyo, hay dos subtipos en función del tipo de vigueta utilizada:

- Para **viguetas de hormigón:** La distancia entre la base de la bovedilla y la aleta es mayor con el fin de alojar el ala de la vigueta prefabricada.
- Para **viguetas metálicas:** La distancia entre la base de la bovedilla y la aleta es menor para un mejor encaje contra la vigueta metálica.

Bovedilla con aletas para vigueta de hormigón — Bovedilla con aletas para vigueta metálica

Según su forma y acabado: existen múltiples acabados en función del tipo de hombro y de la forma o tipo de acabado de la base de la bovedilla cerámica, tal y como puede verse a continuación:

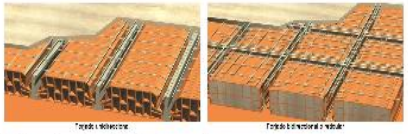
Hombro recto — Hombro curvo — Hombro plano

Forjados cerámicos

- TIPOS DE FORJADOS CERÁMICOS
- DISEÑO DE FORJADOS CERÁMICOS

TIPOS DE FORJADOS CERÁMICOS

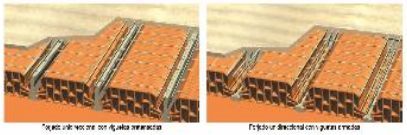
Los forjados de bovedilla cerámica pueden ser **unidireccionales** o **bidireccionales** (reticulares).



"Forjado reticular" — "Forjado bidireccional o reticular"

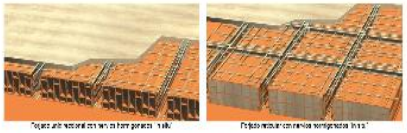
A su vez los forjados unidireccionales, en función del tipo de nervio, pueden ser:

- Forjados **con viguetas prefabricadas** (pretensada o armada)



"Forjado unidireccional con viguetas pretensadas" — "Forjado unidireccional con viguetas armadas"

- Forjados **con nervios hormigonados "in situ"**



"Forjado unidireccional con nervio de hormigón prefabricado" — "Forjado reticular con nervios hormigonados in situ"

Para más información sobre los tipos de forjados cerámicos puede consultarse el **apartado "Forjados cerámicos"** de la **Presentación "Nueva arquitectura y diseño de forjados cerámicos"**.

DISEÑO DE FORJADOS CERÁMICOS

Los forjados deben cumplir las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE) en cuanto a Seguridad Estructural (DB-SE), Seguridad en caso de Incendio (DB-SI), Protección frente al ruido (DB-HR) y Ahorro de energía (DB-HE).

La aplicación **Catálogo de Forjados Cerámicos** [illegible]

BOVEDILLAS

Presentación: "Nueva arquitectura y diseño de forjados cerámicos"

Formato: Pdf

Detalles: Presentación que muestra obras renguardistas con forjados cerámicos vistos y da a conocer los valores que los forjados cerámicos aportan a los edificios, así como los procedimientos de verificación y herramientas disponibles para el diseño de forjados con bovedilla cerámica según las exigencias del CTE.

Descargar (10,8 MB)

Descargar (versión con comentarios) (7,44 MB)

Presentación: "Cálculo de forjados de bovedilla cerámica con CYPECAD"

Formato: Pdf

Detalles: Presentación que muestra el procedimiento para introducir forjados con entrevigado de bovedilla cerámica en el programa CYPECAD, tanto en forjados unidireccionales de viguetas (armadas, pretensadas, metálicas o in situ) como en forjados reticulares.

Descargar (versión con comentarios) (3,66 MB)

Biblioteca de bovedillas cerámicas CYPECAD

Formato: bib

Detalles: Archivo *.bib que contiene la biblioteca de bovedillas cerámicas de los fabricantes de Hispalyt para su integración en los forjados con viguetas in situ y metálicas en el programa CYPECAD. En la presentación "Cálculo de forjados de bovedilla cerámica con CYPECAD" se explican los pasos para integrar la Biblioteca de bovedillas en dicho software de cálculo.

Descargar (11,0 KB)

Presentación: "Cálculo de forjados de bovedillas y casetones cerámicos con TRICALC"

Formato: Pdf

Detalles: Presentación que muestra el procedimiento para introducir en el programa de cálculo TRICALC tanto los forjados unidireccionales de viguetas con entrevigado de bovedilla cerámica, como los forjados reticulares con casetones cerámicos.

Descargar (1,32 MB)

Vídeo "Titulo, Vídeo de creación y uso de bovedilla cerámica"

Formato: Vídeo de youtube

Detalles: Vídeo que muestra el procedimiento para introducir en el programa de cálculo TRICALC tanto los forjados unidireccionales de viguetas con entrevigado de bovedilla cerámica, como los forjados reticulares con casetones cerámicos.

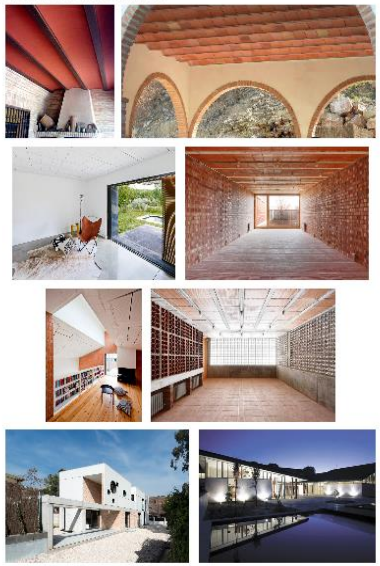
Visualizar

Obras realizadas

Los productos cerámicos siempre han estado ligados a la cultura arquitectónica sencilla, austera y sincera de nuestro país. En los últimos años existe una nueva corriente arquitectónica que ha rescatado los valores originales de los materiales cerámicos realizando obras de excelente calidad.

El forjado de bovedilla cerámica aporta rapidez, economía y seguridad durante la construcción de un edificio, proporcionando además muy buenas prestaciones, gran calidad y durabilidad durante su vida útil. Su versatilidad lo hace adecuado, tanto para grandes proyectos de edificación, como para obras de pequeñas dimensiones.

Los forjados cerámicos son escogidos por sus excelentes prestaciones técnicas y por alto su valor estético y su aptitud como elemento visto. El forjado cerámico visto se suele emplear en viviendas unifamiliares y locales inspirados en la arquitectura tradicional, pero también es un elemento muy valorado en edificios de diseño vanguardista.



La revista **conarquitectura** es una publicación especializada en proyectos arquitectónicos realizados con materiales cerámicos que mantiene

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

HISPALYT
CERÁMICA PARA CONSTRUIR

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA COCIDA

C/ Orense 10, 2ª planta 28020 Madrid Tel. 917709480 www.hispalyt.es