

## Forjados con bovedillas cerámicas. Tipologías e información técnica.

Contenido:

- 1 Tipos de forjados con bovedilla cerámica.
- 2 Tipos de bovedillas cerámicas.
- 3 Especificaciones de las bovedillas cerámicas, según efhe.
- 4 Especificaciones de las bovedillas cerámicas, según une 67020.
- 5 Cálculo de forjados unidireccionales "in situ".
- 6 Información técnica de forjados con bovedilla cerámica:
  - 6.1 Aislamiento acústico.
  - 6.2 Aislamiento térmico.
  - 6.3 Reacción al fuego.
  - 6.4 Resistencia al fuego.
- 7 Comparativa entre los distintos tipos de bovedillas.

### 1 Tipos de forjados con bovedilla cerámica.

Los forjados con bovedillas cerámica pueden ser unidireccionales o bidireccionales (reticulares). A su vez los forjados unidireccionales, en función del tipo de nervio de hormigón, pueden ser:

- Forjados "in situ".
- Forjados con vigueta prefabricada.

#### Algunas ventajas de las bovedillas cerámicas

- Ahorro en estructura, debido a su mejor peso propio.
- Ahorro en mano de obra, debido a su gran facilidad de montaje.
- Ahorro en cuantías de forjados, pilares y cimentación.
- Mayor seguridad de uso, debido a su elevada resistencia mecánica.
- Posibilidad de utilización como elemento resistente.
- Gran adherencia con el yeso, mortero y hormigón.
- No presenta problemas de fisuración.
- Ausencia de roturas.
- Fácil replanteo de huecos.
- Carácter ecológico.
- Algunos sistemas de armaduras prefabricadas patentadas eliminan la desalineación de los nervios (armaduras autoguiantes)

### 2 Tipos de bovedillas cerámicas.

Las bovedillas pueden ser de varios tipos, dependiendo del tipo de forjado:

- Bovedilla cerámica con aletas, para forjados con viguetas prefabricadas
- Bovedilla cerámica sin aletas, para forjados "in situ".
- Bovedilla cerámica sin aletas cegada, para forjados reticulares.

PRINCIPALES TIPOLOGÍAS DE BOVEDILLAS CERÁMICAS:

La geometría de las bovedillas cerámicas varían según el fabricante.

Según su función, y teniendo en cuenta la norma UNE 678.020-86, se distinguen los tipos siguientes:

#### Bovedillas aligerantes (A).

Son aquellas cuya función es servir de encofrado al hormigón del forjado.

#### Bovedillas resistentes (R).

Son aquellas que además de servir de encofrado puede considerarse a la cerámica en contacto con el hormigón como parte de la capa de compresión del forjado.



### 3 Especificaciones de las bovedillas cerámicas, según efhe.

"Instrucciones para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricado

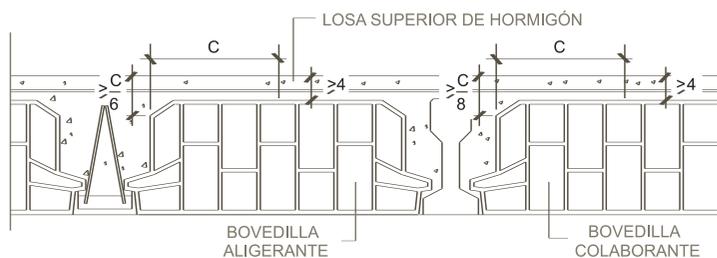
#### EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA ACTUAL

Características	Norma	Tolerancias
Expansión por humedad	UNE 67036	-Valor medio 0,55 mm/m -Valor individual 0,65 mm/m -Valor de expansión potencial 0,55 mm/m
Resistencia a flexión	UNE 67037	100 daN
Reacción al fuego	UNE 23727	M1

El perfil de la pieza de entrevigado será tal que, a cualquier distancia "C" de su eje vertical de simetría, el espesor de hormigón de la losa superior hormigonada en obra no será menor que:

**C/8** en el caso de piezas de entrevigado colaborante

**C/6** en el caso de piezas de entrevigado aligerantes



CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE LOS FORJADOS. Cotas en cm.

"No existen problemas de expansión por humedad, siempre que se cumplan los valores que indica la normativa. Cada fabricante deberá aportar el ensayo correspondiente"

### 4 Especificaciones de las bovedillas cerámicas, según une 67020.

Valores exigidos por la NORMA UNE 67020 para Bovedillas Aligerantes :

Características	Norma	Tolerancias
Fisuras	UNE 67020	Se admite cualquier pared fisurada siempre que cumpla la Resistencia a Flexión fijada por la Norma.
Perfil de las Bovedillas	UNE 67020	Será tal que a cualquier distancia c de su eje vertical de simetría el espesor h de hormigón será mayor que c/6.
Altura - Anchura - Longitud	UNE 67020	5 mm
Desconchados	UNE 67039	Ninguna pieza tendrá desconchados de dimensión media superior a 15 mm. En cada pieza se admitirán hasta 3 desconchados por dm2 siempre que su dimensión media esté comprendida entre 7 mm. y 15 mm. Los desconchados de dimensión media inferior a 7 mm. no se consideran.

Expansión por humedad	UNE 67036	-Valor medio 0,55mm/m . -Valor individual 0,65mm/m . -Valor de expansión potencial 0,55mm/m .
Resistencia a flexión	UNE 67037	100 daN

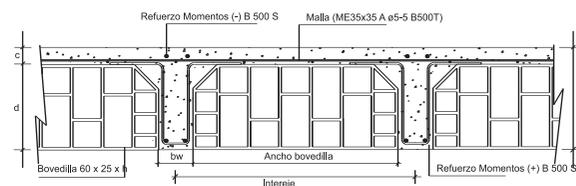
Además de las anteriores exigencias, la NORMA UNE 67020 fija las siguientes para Bovedillas Resistentes.

Características	Norma	Tolerancias
Fisuras	UNE 67020	No se admiten paredes fisuradas en su cara superior, en su cara inferior, en las alas de apoyo, ni en los tabiques verticales si estos no son más de cuatro. Si superan este número podrá admitirse que uno de ellos sea "pared fisurada".
Perfil de las Bovedillas	UNE 67020	Será tal que a cualquier distancia c de su eje vertical de simetría el espesor h de hormigón será mayor que c/8.
Resistencia a compresión	UNE 67020	> 2,5 daN/mm <sup>2</sup>

### 5 Cálculo de forjados unidireccionales "in situ". UNICERAM ®

La Sección de Forjados de Hispalyt, ha desarrollado un software gratuito que le permitirá calcular, armar y presupuestar forjados cerámicos "in situ", de manera simple y rápida. Enlace "publicaciones" en [www.hispalyt.es](http://www.hispalyt.es)

### SECCION FORJADOS IN SITU CON ARMADURAS Y CANTOS



### 6 Información técnica de forjados con bovedilla cerámica:

#### 6.1 Aislamiento acústico.

#### RESULTADOS DE ENSAYOS EN LABORATORIO :

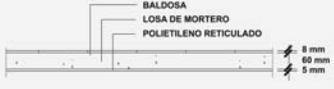
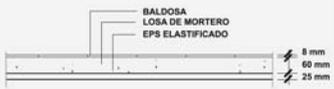
CANTO FORJADO (cm)	TIPO DE SOLADO	AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO Según UNE-EN ISO 140-3 R <sub>a</sub> (dBA)	SECCIÓN TIPO	AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS Según UNE-EN ISO 140-6	
				Ln,w (dB)	Ln(A) (dBA)
26 + 5	Sin solado (*)	53,5		86	88,5
	Con losa flotante de 6 cm revestida de baldosa sobre 5 mm de polietileno reticulado.	57,0		65	71,1
	Con losa flotante de 6 cm revestida de baldosa sobre 25 mm de poliestireno elastificado.	67,6		45	47,1

(\*) Aplicable como dato de entrada en el cálculo de predicciones según la norma UNE EN ISO 12354 de acuerdo con el futuro Código Técnico de la Edificación (CTE).

En todos los casos se ha aplicado al forjado un enlucido de yeso de 1,5 cm en su cara inferior.

Ensayos realizados por HISPALYT en el Área de Acústica del Laboratorio de Control de la Edificación del Gobierno Vasco gestionada por LABEIN (acreditado por ENAC)

EFICACIA DE LOSAS FLOTANTES SOBRE FORJADOS CERÁMICOS :

TIPO DE LOSA FLOTANTE	MEJORA DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO Según UNE-EN ISO 140-3 $\Delta R_A$ (dBA) *	SECCIÓN TIPO	MEJORA AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS Según UNE-EN ISO 140-6	
			$\Delta L_{n,w}$ (dB) *	$\Delta L_n(A)$ (dBA) *
Con losa flotante de 6 cm revestida de baldosa sobre 5 mm de polietileno reticulado.  IMPACTODAN 5 (DANOSA)	4,5		21	17,4
Con losa flotante de 6 cm revestida de baldosa sobre 25 mm de EPS elastificado.  POLIMPAC (POLIVAS)	14,1		41	41,4

(\*)  $\Delta R_A = R_A$  con losa -  $R_A$  sin losa ;  $\Delta L_{n,w} = L_{n,w}$  con losa -  $L_{n,w}$  sin losa ;  $\Delta L_n(A) = L_n(A)$  con losa -  $L_n(A)$  sin losa.

EFICACIA DE OTRAS LOSAS FLOTANTES (**)	Mejora de aislamiento a ruido de impactos $\Delta L_{n,w}$ (dB)
Losa flotante de hormigón de 45 mm sobre paneles PF Arena de 15 mm (ISOVER)	34
Losa flotante (sobre 40 mm de polietileno expandido elastificado) POLIMPAC (POLIVAS)	32
Losa flotante (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 flotante (sobre 5 mm de polietileno expandido no reticulado) ChovAIMPACT 5 (CHOVA)	20

(\*\*) Soluciones ensayadas sobre forjado normalizado de hormigón armado. Valores declarados por los fabricantes.

EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA :

AISLAMIENTO	RUIDO AÉREO		RUIDO DE IMPACTOS	
	Normativa futura CTE	Normativa actual NBE CA-88	Normativa futura CTE	Normativa actual NBE CA-88
	(dBA)	(dBA)	(dB)	(dBA)
	"In situ"	En laboratorio	"In situ"	En laboratorio
<b>FORJADOS</b>				
Entre un recinto habitable y otro perteneciente a distinta unidad de uso, zona común, recinto de instalaciones o de actividad.	> 45	> 45		
Entre un recinto protegido y cualquier otro del edificio que pertenezcan a unidades de uso diferentes.	> 50	> 45	< 65	< 80
Entre un recinto protegido y una zona común del edificio.	> 50	> 45		
Entre un recinto protegido subyacente a una cubierta transitable.	> 50	> 45		
Entre un recinto protegido y otro en el que se alojen instalaciones.	> 55	> 55	< 60	< 80
Entre un recinto protegido y un recinto de actividad.	> 55	> 45		

CUBIERTAS		
Entre recinto protegido y el exterior. Predominio de ruido de tráfico rodado.	> 30	> 45
Entre recinto protegido y el exterior. Predominio de ruido de tráfico ferroviario o de estaciones.	> 32	> 45
Entre recinto protegido y el exterior. Predominio de ruido de aeronaves.	> 35	> 45

## 6.2 Aislamiento térmico.

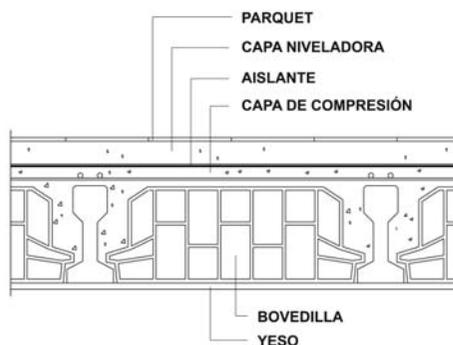
DATOS EMPLEADOS : ( Intereje 70 cm )

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m.°C)	ESPESORES (cm)
Bovedilla cerámica	0,51	20 - 22 - 25
Hormigón armado	1,63	5
Capa de mortero	1,40	5
Yeso	0,3	1,5
Parquet	0,08	1
Aislante (Polietileno reticulado o lana mineral)(*)	0,038	2

(\*) Capa necesaria para conseguir el aislamiento acústico a ruido de impactos.

COEFICIENTE ÚTIL DE TRANSMISIÓN DE CALOR: K ( W / °C m² )

CANTO DE FORJADO	K ( W / °C m² )
20 + 5	0,705
22 + 5	0,688
25 + 5	0,665



EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA ACTUAL: NBE-CT-79

Tipo de cerramiento		Valores máximos de K en (W /m² °C) Zona climática según mapa 2 (art.13º)				
		V	W	X	Y	Z
Cerramientos exteriores	Cubiertas	1,4	1,4	1,2	0,9	0,7
	Forjados intermedios	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
Cerramientos con locales no calefactados	Suelos o techos	-	-	1,4	1,2	1,2

NORMATIVA FUTURA: (CTE)

Tipo de cerramiento	Valores máximos de U en (W /m² °C) Zona climática según mapa				
	A	B	C	D	E
Forjados intermedios	1,66	1,27	0,93	0,69	0,57
Cubiertas	1,33	1,06	0,8	0,61	0,51

### 6.3 Reacción al fuego.

#### EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA ACTUAL: NBE-CPI-96

REACCIÓN AL FUEGO ADMISIBLE		
Materiales incluidos en paredes y techos	Recorrido de evacuación	
	Recintos Protegidos	M 1
	Uso Hospitalario	M 1
	Otros usos	M 2
Materiales incluidos en suelos	Recorrido de evacuación	
	Recintos Protegidos	M 2
	Uso Hospitalario	M 2
	Otros usos	M 3

### 6.4 Resistencia al fuego.

#### RESISTENCIA AL FUEGO DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES CON BOVEDILLA CERÁMICA:

##### FORJADOS DE VIGUETAS DE HORMIGÓN ARMADO RESISTENCIA AL FUEGO (RF) EN MINUTOS

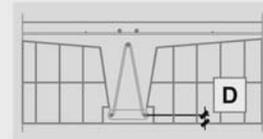
\* La tabla es válida para cualquier grado de empotramiento de los forjados.

\* Se consideran armados estrictos para momentos positivos mayorados.

\* Nivel de control Normal:  $\gamma_f = \gamma_o = \gamma_a = 1,6$ ;  $\gamma_s = 1,15$

\* El canto debe ser al menos 15 cm para RF-180, y 17,5 para RF-240

\* D es la distancia entre la cara inferior de la vigueta y el eje de la armadura más cercana a esta cara (no se aplica la armadura de cortante)



D (mm)	TIPO Y ESPESOR DEL REVESTIMIENTO DE LA CARA INFERIOR DEL FORJADO (en mm)																								
	MORTERO DE CEMENTO Y ARENA										GUARNECIDO Y ENLUCIDO DE YESO														
	0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
20	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	60	90	90	120	120	120	120	120	120	120	180		
21	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	60	90	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	
22	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	120	60	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	
23	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	120	60	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	180
24	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	120	60	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	180
25	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	120	120	60	120	120	120	120	120	120	120	180	180	180
21	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	120	60	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	180
22	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	120	60	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	180
23	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	120	60	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	180
24	60	90	90	90	90	90	90	90	90	90	120	120	120	60	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	180
25	90	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	90	120	120	120	120	120	120	120	120	180	180	240

Si el valor así obtenido fuera suficiente, no sería necesario efectuar más comprobaciones para el forjado. Si fuera insuficiente, se podría efectuar una comprobación más afinada de acuerdo con 4.2.2. (5) del Eurocódigo.

**FORJADOS DE VIGUETAS DE HORMIGÓN PRETENSADO (ALAMBRES)  
RESISTENCIA AL FUEGO (RF) EN MINUTOS**

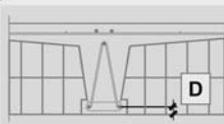
\* La tabla es válida para cualquier grado de empotramiento de los forjados.

\* Se consideran armados estrictos para momentos positivos mayorados.

\* Nivel de control Normal:  $\gamma_r = \gamma_o = \gamma_c = 1,6$ ;  $\gamma_s = 1,15$

\* El canto debe ser al menos 15 cm para RF-180, y 17,5 para RF-240

\* **D** es la distancia entre la cara inferior de la vigueta y el eje de la armadura más cercana a esta cara (no se aplica la armadura de cortante)



D (mm)	TIPO Y ESPESOR DEL REVESTIMIENTO DE LA CARA INFERIOR DEL FORJADO (en mm)																							
	MORTERO DE CEMENTO Y ARENA										GUARNECIDO Y ENLUCIDO DE YESO													
	0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20		30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60		60	60	90	90	90	90	90	90	120	120	120
21	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	90	30	60	60	90	90	90	90	90	120	120	120	120
22	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	90	30	60	90	90	90	90	90	90	120	120	120	120
23	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	90	30	60	90	90	90	90	90	90	120	120	120	120
24	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	90	30	60	90	90	90	90	90	120	120	120	120	120
25	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	90	30	60	90	90	90	90	90	120	120	120	120	120

Si el valor así obtenido fuera suficiente, no sería necesario efectuar más comprobaciones para el forjado. Si fuera insuficiente, se podría efectuar una comprobación más afinada de acuerdo con 4.2.2. (5) del Eurocódigo.

**EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA ACTUAL: NBE-CPI-96**

Los forjados que separan sectores tendrán al menos la siguiente resistencia al fuego (RF).

RESISTENCIA AL FUEGO MÍNIMA (RF), en minutos		
Uso del recinto inferior al forjado considerado		RF (min)
Vivienda Unifamiliar	Plantas de sótano	RF - 30
	Plantas sobre rasante < 15 m	RF - 30
Vivienda Residencial, Docente, Administrativo	Plantas de sótano	RF - 120
	Plantas sobre rasante < 15 m	RF - 60
	Plantas sobre rasante < 28 m	RF - 90
	Plantas sobre rasante ≥ 28 m	RF - 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	Plantas de sótano	RF - 120 (1)
	Plantas sobre rasante < 15 m	RF - 90 (2)
	Plantas sobre rasante < 28 m	RF - 120
	Plantas sobre rasante ≥ 28 m	RF - 180
Garajes	Uso exclusivo	RF - 90

(1) RF-180 si la altura de evacuación del edificio es ≥ 28 m.

(2) RF-120 en edificios de uso hospitalario con más de tres plantas sobre rasante.

**7 Comparativa entre los distintos tipos de bovedillas.**

BOVEDILLA CERÁMICA	BOVEDILLA HORMIGÓN	BOVEDILLA HORMIGÓN LIGERO	BOVEDILLA POLIESTIRENO
-Ligereza.	-Mayor peso.	-Precio alto.	-Peor comportamiento al fuego.
-Resistencia a flexión elevada.	-Menor rendimiento en obra.	-Menor disponibilidad.	-Baja resistencia.
-Fácil colocación.	-Calidad desigual.	-Resistencia limitada.	-Precio alto.
-Cobertura comercial densa.	-Peor aislamiento térmico.	-Puede presentar fisuras.	-Problemas adherencia en la cara inferior.

**PESO**

	BOVEDILLA CERÁMICA	BOVEDILLA HORMIGÓN	BOVEDILLA HORMIGÓN LIGERO
MEDIDAS (cm)	70X25X20	70X20X20	70X20X20
PESO UNITARIO (Kp/m <sup>3</sup> )	13,6	21,6	15
PIEZAS / m <sup>2</sup>	5	6,5	6,5
PESO / m <sup>2</sup>	68	140,4	97,5

 **AISLAMIENTO TÉRMICO.**

Coeficiente de transmisión de calor K (W / °C m <sup>2</sup> )		
CANTO FORJADO	BOVEDILLA CERÁMICA	BOVEDILLA HORMIGÓN
20 + 5	0,705	0,775
22 + 5	0,688	0,762
25 + 5	0,665	0,743

Los datos considerados han sido los siguientes:  
Forjado intermedio - Distancia de entrevigado: 70 cm - Nervios: 10 cm

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W / m °C)	ESPEORES (cm)
Bovedilla cerámica	0,51	20 - 22 - 25
Bovedilla hormigón	0,85	20 - 22 - 25

 **AISLAMIENTO ACÚSTICO.**

Ruido de impacto normalizado (dBA)		
CANTO FORJADO	BOVEDILLA CERÁMICA	BOVEDILLA HORMIGÓN
20 + 5	83	82
22 + 5	83	81
25 + 5	82	80

Se ha considerado en todos los casos un entrevigado de 70 cm.

 **COSTE TOTAL DE EJECUCIÓN**

Coste por m <sup>2</sup> de forjado unidireccional "in situ" (euros)		
CANTO FORJADO	BOVEDILLA CERÁMICA	BOVEDILLA HORMIGÓN
20 + 5	31,65	34,57
22 + 5	32,53	35,28
25 + 5	33,61	36,05

Se ha considerado en todos los casos un entrevigado de 70 cm.

Forjado unidireccional in-situ de canto 20-22-25+5 cm, formado por nervios in situ de ancho de 10 cm. de hormigón, separados 70 cm. entre ejes, bovedilla cerámica 60x25x20-22-25 cm. o bovedilla hormigón 60x 20 x 20-22-25 y capa de compresión de 5 cm. de HA-25/P/20/I, elaborado en central, c/armadura (3,00 kg/m<sup>2</sup>), terminado. Según normas NTE, EFHE y EHE.

