

Introducción

El comienzo de la utilización del binomio placa nervada - hormigón, para la ejecución de Losas Mixtas, data de alrededor del año 1938 donde aparece en Estados Unidos la primera patente de este tipo de forjados.

El Eurocódigo 4 (EC-4) define como Losa Mixta aquella en la que se usan placas nervadas de acero como encofrado fijo capaz de soportar el hormigón vertido, la armadura y las cargas de ejecución. Posteriormente las placas de acero se combinan estructuralmente con el hormigón endurecido y actúan como una parte o la totalidad de la armadura a tracción en el forjado acabado.

La búsqueda de soluciones más ligeras que garanticen el buen funcionamiento a flexión de la sección mixta, utilizando elementos conectores con formas más o menos complejas, fue durante muchos años la constante a considerar por los calculistas y fabricantes de este tipo de forjados.

ACH fabrica la placa nervada HA-60/220-E que con formas sencillas de resaltes o indentaciones (entallas), permite no tener que adicionar a la placa de acero elementos metálicos que desarrollen el papel de conectores u otros elementos complementarios para un determinado valor de sobrecarga.

La denominación que ACH (H) ha dado a su Losa Mixta (LM) corresponde a la definición de la geometría de la misma, donde 60 mm es la altura de la placa nervada y 220 mm la distancia entre valles de la placa.

Este producto tiene la particularidad que necesita, obligatoriamente, de una serie de ensayos a escala real para determinar los coeficientes m-k, valores indispensables para el cálculo de la sobrecarga útil del producto; en nuestro caso los ensayos fueron realizados en el Laboratorio del Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC-MADRID).

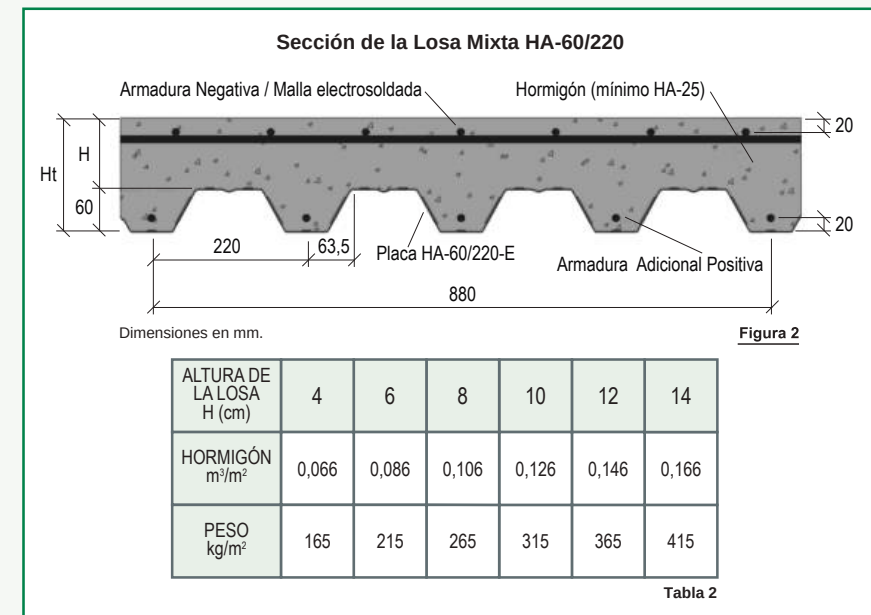
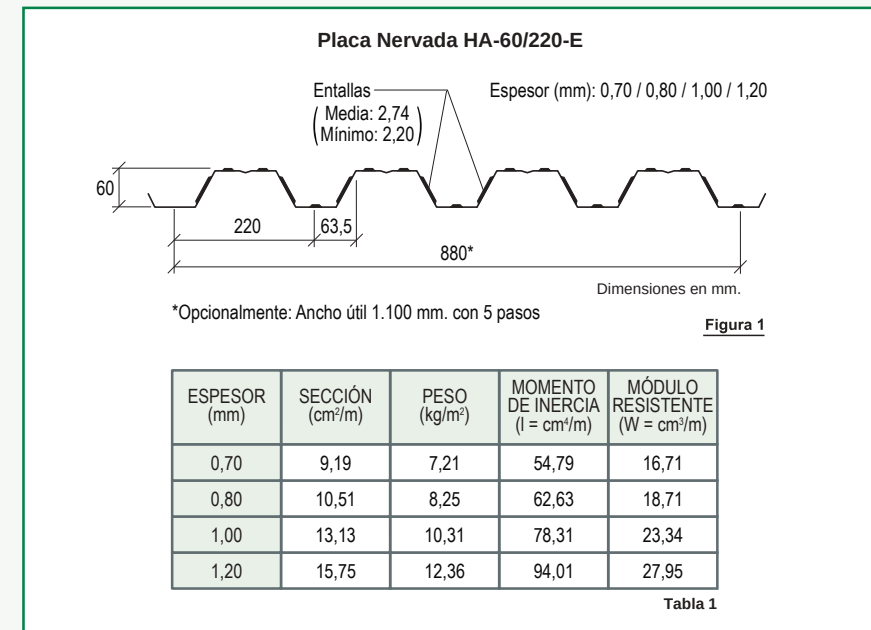
Los ensayos realizados, de acuerdo al procedimiento marcado por el EC-4 (apartado 10.3), abarcaron la determinación de los coeficientes (m-k) correspondientes a los siguientes tipos de Losas Mixtas:

- Placa nervada (HA-60/220-E) + Hormigón + Armadura de reparto.
- Placa nervada (HA-60/220-E) + Hormigón + Armadura de reparto + Conectores.

Características de los Componentes de la Losa Mixta

Los elementos que pueden componer la Losa Mixta HLM-60/220 son los siguientes:

- Placa Nervada HA-60/220-E.
- Hormigón.
- Armadura Adicional Positiva.
- Armadura Negativa/Malla Electrosoldada.



Características del Hormigón

La resistencia característica del hormigón a utilizar en la Losa Mixta HLM-60/220, según la normativa EHE, no podrá ser menor que 25 N/mm².

Características Mecánicas del Acero de la Placa Nervada

El tipo de acero utilizado para la placa nervada HA-60/220-E será galvanizado estructural. Sus características se reflejan en la siguiente tabla.

EURONORMA			DIN		Límite elástico (Re) N/mm ² Valores mínimos	Resistencia a la tracción (Rm) N/mm ² Valores mínimos	Alargamiento mínimo (A) %
S250GD	10147-95	FeE250G	STE250-2Z	17162	250	330	19
S320GD		FeE320G			320	390	17
S350GD		FeE350G			350	420	16

Tabla 3

Armadura Adicional

La armadura adicional la componen barras de acero corrugadas y deberá tener la siguiente designación y características mecánicas, según la normativa EHE.

Designación	Clase de acero	Límite elástico f_y en N/mm ² no menor que	Carga unitaria de rotura f_s en N/mm ² no menor que	Alargamiento de rotura en % sobre base de 5 diámetros no menor que	Relación f_s/f_y en ensayo no menor que
B 500 S	Soldable	500	550	12	1,05

Tabla 4

Malla Electrosoldada

La malla electrosoldada será fabricada con alambre corrugado, debiendo cumplir la normativa correspondiente a este tipo de producto (UNE-36092:96).

Sus características mecánicas mínimas garantizadas, según la normativa EHE, deberán cumplir con lo especificado en la siguiente tabla.

ENSAYO DE TRACCIÓN					Ensayo de doblado ($\alpha < 90^\circ$) Ensayo desdoblado ($\beta = 20^\circ$)
Designación de los alambres	Límite elástico f_y en N/mm ² no menor que	Carga unitaria de rotura f_s en N/mm ² no menor que	Alargamiento de rotura (%) sobre base de 5 diámetros	Relación f_s/f_y	8 Ø
B 500 T	500	550	8	1,03	

Tabla 5

Ventajas de la Losa Mixta HLM-60/220

- Simplicidad y rapidez en la ejecución debido a la ligereza de la placa nervada que permite facilitar el transporte, almacenamiento y montaje.
- Menor número de puntales y encofrados provisionales.
- Flexibilidad en la edificación e instalaciones gracias a su adaptabilidad y posible modificación durante la vida del edificio.
- Alcance de tolerancias más estrictas y posibilidad de establecer procedimientos de calidad.
- Plataforma segura de trabajo al reducir de forma considerable la posibilidad de caída de los operarios que trabajan sobre ella con la consiguiente seguridad para los que se encuentran debajo de la misma.



Foto 1



Foto 2

Transporte y Descarga

Los materiales deberán viajar siempre a cubierto con el toldo del camión colocado. Para la descarga se deberán utilizar eslingas de lona.

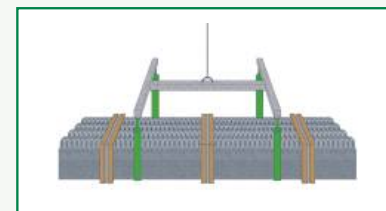


Figura 3

Estocaje

La placa nervada de acero galvanizado es sensible a la humedad, la condensación y la lluvia. El agua infiltrada entre las chapas puede llevar a la formación de un hidróxido de zinc comúnmente llamado "óxido blanco". Este óxido no es perjudicial para la chapa aunque puede tener un efecto estético no deseable.

Se recomienda que el estocaje de los paquetes se realice siempre a cubierto y con ventilación o en zonas con atmósfera lo más seca posible.

En caso de tener que realizar el estocaje a la intemperie, los paquetes se deberán aislar del suelo mediante tacos de altura diferente, con el fin de obtener una pendiente que favorezca la evacuación del agua.



Figura 4

Montaje en Obra

-Fase de Encofrado.

La placa nervada HA-60/220-E actúa como encofrado y como tal debe soportar las cargas inherentes a este estado como son el peso propio de la placa nervada y del hormigón, carga de acopios, efecto embalsamamiento, así como las cargas de ejecución:

- peso de los operarios y equipos de hormigonado.
- cualquier impacto o vibración que puede ocurrir durante la construcción.
- carga de ejecución de valor 1,50 kN/m² distribuida en una distancia de 3 m.
- carga de ejecución de valor 0,75 kN/m² en el resto del forjado.

-Fijaciones.

La misión de estos elementos es la de fijar las placas nervadas en su posición definitiva, impidiendo su levantamiento por la acción del viento o el desplazamiento lateral de las mismas durante la fase de montaje u hormigonado.

Espesor placa nervada t (mm)		Tracción N _{rec} (kN)	Cortadura V _{rec} (kN)	1) N _{rec} y V _{rec} válidas para placa de acero con una resistencia mínima a la tracción ≥ 370 N/mm ² . 2) Para espesores intermedios de placas nervadas, utilice la carga admisible para el espesor siguiente más pequeño. 3) Estas cargas recomendadas son adecuadas para el diseño que tiene en cuenta cargas debidas al viento según la norma DIN 1055 parte 4. 4) Las cargas admisibles incluyen un factor de seguridad de al menos 2,00 para carga estática y 1,30 para carga cíclica (5000 ciclos).
Nominal	Mínima			
0,75	0,65	1,80	2,00	
0,88	0,77	2,10	2,50	
1,00	0,89	2,70	3,00	
1,13	1,02	3,10	3,50	
1,25	1,13	3,50	4,00	

Clavo ENP2-21-L15 (HILTI).

Tabla 6

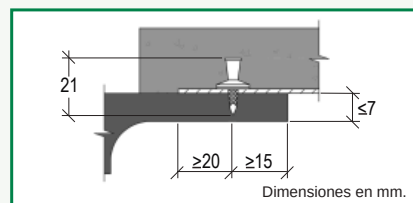


Figura 5. Fijación por disparo.

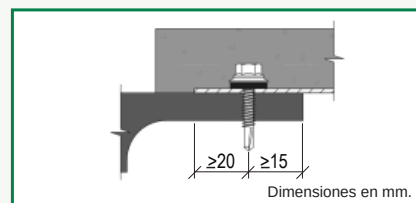


Figura 6. Fijación por tornillo (la rosca deberá ser visible).

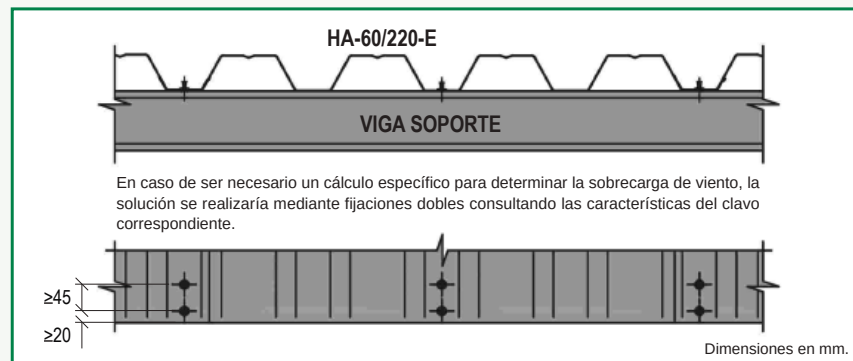


Figura 7. Distancias mínimas de las fijaciones.

- Armadura Negativa/ Malla Electrosoldada

La malla de armadura antifisuración/retracción en el caso de un vano, y de negativos en el caso de dos vanos, se colocará 20 mm por debajo de superficie de hormigón de la Losa Mixta (Figura 2).

- Armadura Adicional Positiva

Como producto la Losa Mixta de forma general no ha sido diseñada para la colocación de este tipo de armadura ya que se trata de minimizar los elementos adicionales, siendo esta una de sus grandes ventajas. En algunos casos puede llegarse a este tipo de solución en función del valor de la sobrecarga necesaria a resistir por la Losa Mixta.

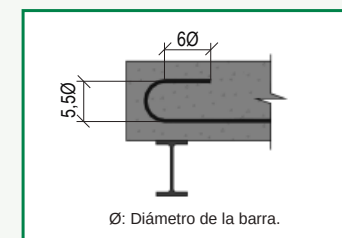
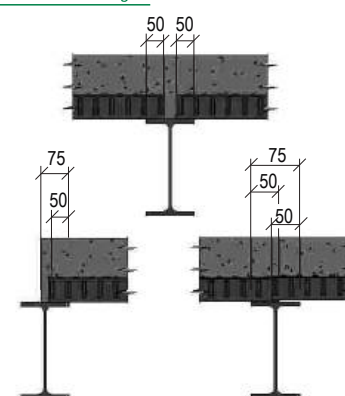


Figura 8. Anclaje de la armadura.

Detalles de Ejecución

- Dimensiones mínimas de apoyo de la Losa Mixta.

Sobre viga de acero/hormigón:



Sobre cualquier otro material:

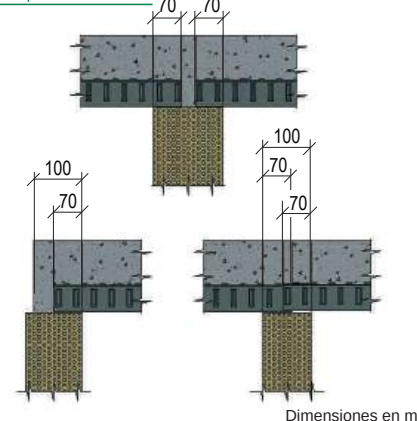


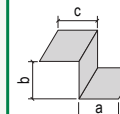
Figura 9

- Remates Perimetrales.

Remate de cambio de dirección

DIMENSIONES (mm)				
a	b	c	Desarrollo	Longitud
70	60	70	200	4.000

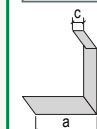
Tabla 7



Remate de borde

DIMENSIONES (mm)	Altura de la losa (cm)					
	H=4	H=6	H=8	H=10	H=12	H=14
a	130	110	90	153	133	113
b	100	120	140	160	180	200
c	20	20	20	20	20	20
Desarrollo	250	250	250	333	333	333
Longitud	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

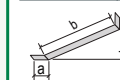
Tabla 8



Tirante

DIMENSIONES (mm)	Altura de la losa (cm)		
	H=4 H=6	H=8 H=10	H=12 H=14
a	30	30	30
b	150	200	200
c	20	20	20
h	35	75	115
Longitud	200	250	250
Ancho	50	50	50

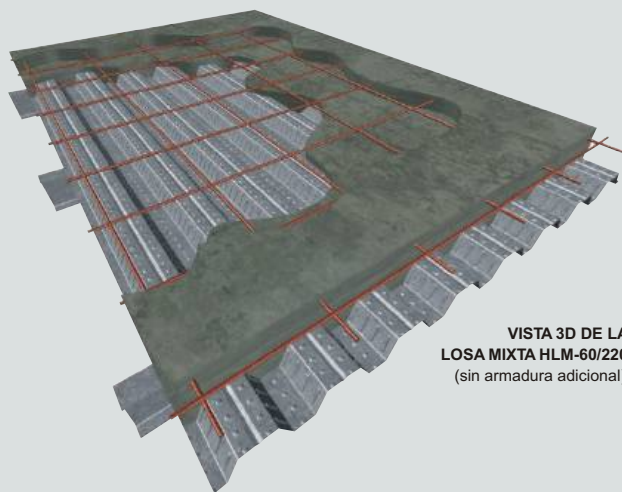
Tabla 9



Las sobrecargas, según el criterio de resistencia, han sido calculadas en base al procedimiento indicado en el apartado 7.6.1.3 del EC-4, el cual requiere de los valores de los coeficientes m-k, a partir de estos se obtiene para cada caso el máximo esfuerzo vertical de cálculo y finalmente la sobrecarga útil resistente. El valor de esta sobrecarga, posteriormente, se compara con la sobrecarga obtenida mediante el criterio de deformación, utilizándose el valor menor como sobrecarga útil.

Las características de los materiales y criterios de diseño utilizados son:

- Resistencia característica del hormigón 25 N/mm².
- Densidad del hormigón 2.500 kg/m³.
- Límite elástico del acero de la placa nervada:
 - 250 N/mm² (S250GD).
 - 320 N/mm² (S320GD).
 - 350 N/mm² (S350GD).
- Límite elástico de las armaduras 500 N/mm².
- Densidad del acero 7.850 Kg/m³.
- Limitación de flecha en la fase de vertido L/180 ó 20 mm.
- Limitación de flecha de la Losa Mixta L/350.



VISTA 3D DE LA
LOSA MIXTA HLM-60/220
(sin armadura adicional).

H=4 cm					
e (mm)	0,70	0,80	1,00	1,20	
L (m)					
1,20	5 1990 150	5 2231 150	5 2755 150		
	8 2517 200	8 2517 200	8 3151 150		
1,40	5 1456 150	5 1633 150	5 2018 150	5 2401 150	
	8 1810 200	8 1810 200	8 2276 150	8 2401 150	
1,60	5 1106 150	5 1241 150	5 1536 150	5 1829 150	
	8 1810 200	8 1810 200	8 1810 200	8 2276 150	
1,80	5 863 150	5 970 150	5 1202 150	5 1434 150	
	8 1036 200	8 1036 200	8 1318 150	8 1434 150	
2,00	5 687 150	5 773 150	5 962 150	5 1150 150	
	8 811 200	8 811 200	8 1039 150	8 1150 150	
2,20	5 556 150	5 627 150	5 783 150	5 938 150	
	8 645 200	8 645 200	8 833 150	8 938 150	
2,40	5 455 150	5 514 150	5 645 150	5 776 150	
	8 518 200	8 518 200	8 676 150	8 776 150	
2,60	5 375 150	5 426 150	5 537 150	5 648 150	
	8 554 200	8 419 200	8 554 150	8 648 150	
2,80		5 355 150	5 451 150	5 547 150	
		8 458 150	8 341 200	8 547 150	
3,00			5 381 150	5 465 150	
			8 278 200	8 278 200	
3,20				5 397 150	
				8 226 200	

ALZADO DE LA LOSA MIXTA HLM-60/220
(sin armadura adicional).

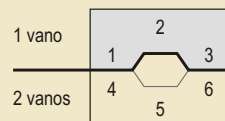
Placa Nervada
HA-60/220-E

VIGA SOPORTE

Malla
Electrosoldada

H=6 cm					
e (mm)	0,70	0,80	1,00	1,20	
L (m)					
1,20	6 2581 150	6 2902 150			
	8 3281 200	8 3281 200			
1,40	6 1888 150	6 2124 150	6 2625 150	6 3125 150	
	8 2359 200	8 2359 200	8 3024 150	8 3426 200	
1,60	6 1434 150	6 1614 150	6 1998 150	6 2380 150	
	8 1761 200	8 1761 200	8 2270 150	8 2578 200	
1,80	6 1119 150	6 1261 150	6 1564 150	6 1866 150	
	8 1351 200	8 1351 200	8 1753 150	8 1996 200	
2,00	6 891 150	6 1006 150	6 1251 150	6 1496 150	
	8 1057 200	8 1057 200	8 1383 150	8 1580 200	
2,20	6 720 150	6 815 150	6 1018 150	6 1220 150	
	8 840 200	8 840 200	8 1109 150	8 1272 200	
2,40	10 589 200	6 669 150	6 839 150	6 1009 150	
	8 675 200	8 901 150	8 901 150	8 1038 200	
2,60	10 486 200	10 554 200	6 696 150	6 844 150	
	10 856 200	10 856 200	8 739 150	8 856 200	
2,80	10 403 200	10 462 200	10 587 200	6 712 150	
	10 711 200	10 711 200	10 712 200	6 712 150	
3,00	10 336 200	10 387 200	10 496 200	6 604 200	
	10 595 200	10 595 200	10 595 200	8 362 200	
3,20		10 325 200	10 420 200	10 516 200	
		10 499 200	10 499 200	10 516 200	
3,40			10 358 200	10 442 200	
			10 420 200	10 442 200	
3,60				10 380 200	
				10 380 200	

LEYENDA DE LAS TABLAS



- 1 - Diámetro de las barras de la malla antifisuración/retracción de calidad B-500-T (mm).
- 2 - Sobrecarga útil máxima de la losa (no incluye el peso propio de la losa) (daN/m²).
- 3 - Separación entre barras de la malla antifisuración/retracción (mm).
- 4 - Diámetro de las barras de la malla de la armadura negativa de calidad B-500-T (mm).
- 5 - Sobrecarga útil en función de la armadura negativa (daN/m²).
- 6 - Separación entre barras de la malla de la armadura negativa (mm).

Apuntalamiento intermedio en el vano para calidad de acero de la placa nervada:

- S250GD, S320GD ó S350GD.
- S250GD.
- S320GD o calidad inferior.
- S350GD o calidad inferior.

H=8 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
1,20	8 3172 200			
1,40	8 2321 200	8 2615 200		
1,60	8 1762 200	8 1987 200	8 2459 200	8 2931 200
1,80	8 1375 200	8 1552 200	8 1925 200	8 2298 200
2,00	8 1094 200	8 1238 200	8 1540 200	8 1842 200
2,20	8 885 200	8 1003 200	8 1253 200	8 1503 200
2,40	10 724 150	8 823 200	8 1033 200	8 1243 200
2,60	10 597 150	8 681 150	8 860 200	8 1039 200
2,80	10 495 150	8 568 150	8 722 150	8 876 150
3,00	10 412 150	8 476 150	8 610 150	8 744 150
3,20	10 344 150	8 399 150	8 517 150	8 635 150
3,40		10 336 150	8 440 150	8 545 150
3,60			10 375 150	8 468 150
3,80			10 319 150	8 403 150
4,00				10 347 150

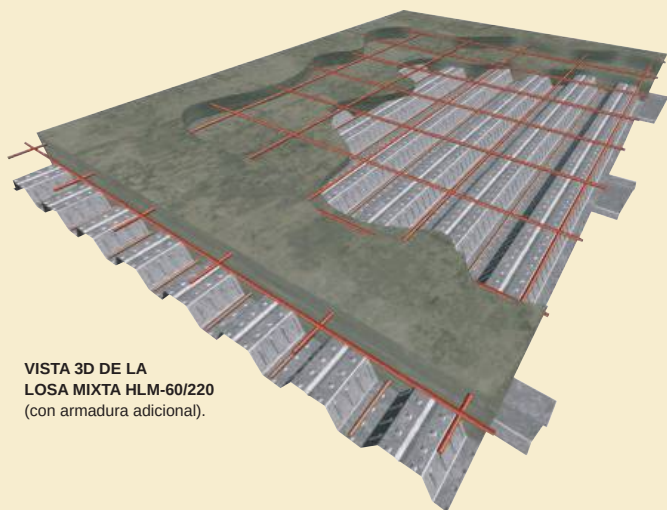
H=10 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
1,40	8 2753 200	8 3105 200		
1,60	8 2090 200	8 2359 200	8 2921 200	
1,80	8 1630 200	8 1843 200	8 2287 200	8 2730 200
2,00	8 1298 200	8 1470 200	8 1829 200	8 2188 200
2,20	10 1049 150	8 1191 200	8 1488 200	8 1785 200
2,40	10 858 150	8 977 150	8 1227 200	8 1476 200
2,60	10 708 150	8 809 150	8 1022 150	8 1234 200
2,80	10 587 150	8 674 150	8 858 150	8 1041 150
3,00	10 489 150	8 565 150	8 724 150	8 884 150
3,20	10 407 150	8 474 150	8 614 150	8 755 150
3,40	10 339 150	8 398 150	8 523 150	8 647 150
3,60		10 334 150	8 445 150	8 556 150
3,80			10 379 150	8 478 150
4,00			10 322 150	8 412 150
4,20				10 354 150
4,40				10 304 150

H=12 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
1,40	8 3186 150			
1,60	8 2418 150	8 2732 150		
1,80	8 1886 150	8 2134 150	8 2648 150	8 3162 150
2,00	8 1502 150	8 1702 150	8 2119 150	8 2535 150
2,20	12 1214 150	12 1379 150	8 1724 150	8 2067 150
2,40	12 992 150	12 1131 150	8 1421 150	8 1710 150
2,60	12 818 150	12 937 150	12 1183 150	12 1429 150
2,80	12 679 150	12 781 150	12 993 150	12 1205 150
3,00	12 565 150	12 654 150	12 839 150	12 1024 150
3,20	12 471 150	12 549 150	12 711 150	12 874 150
3,40	12 392 150	12 461 150	12 605 150	12 749 150
3,60	12 325 150	12 387 150	12 515 150	12 644 150
3,80		12 323 150	12 439 150	12 554 150
4,00			12 373 150	12 477 150
4,20			12 316 150	12 410 150
4,40				12 352 150
4,60				12 301 150

En ciertos casos es necesario un valor de sobrecarga útil que no es posible obtener con las soluciones anteriores y puede ser una opción tener en cuenta el adicionar barras de acero como armadura adicional en todos los valles de la placa nervada HA-60/220-E.

Con esta solución se alcanzan valores de sobrecarga mayores y tiene gran utilidad cuando se le exige al producto un determinado valor de resistencia al fuego normalizado.

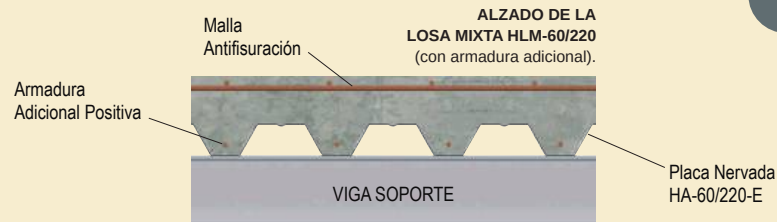
En estas tablas se muestran valores de sobrecarga para los mismos rangos de variación de las características más importantes de este producto, que son la altura de la losa y el espesor de la placa.



VISTA 3D DE LA
LOSA MIXTA HLM-60/220
(con armadura adicional).

		H=4 cm			
e (mm)	L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
1,80	Ø8	2200	Ø8 2400		
	Ø10	2450	Ø10 2720		
	Ø12	2800	Ø12 3000		
2,00	Ø8	1550	Ø8 1700	Ø8 1950	
	Ø10	1750	Ø10 1880	Ø10 2150	
	Ø12	2025	Ø12 2150	Ø12 2375	
2,20	Ø8	1100	Ø8 1230	Ø8 1430	Ø8 1620
	Ø10	1250	Ø10 1380	Ø10 1580	Ø10 1745
	Ø12	1450	Ø12 1560	Ø12 1750	Ø12 1910
2,40	Ø8	815	Ø8 900	Ø8 1050	Ø8 1200
	Ø10	935	Ø10 1010	Ø10 1155	Ø10 1300
	Ø12	1050	Ø12 1150	Ø12 1285	Ø12 1430
2,60	Ø8	610	Ø8 680	Ø8 785	Ø8 900
	Ø10	700	Ø10 775	Ø10 865	Ø10 955
	Ø12	820	Ø12 875	Ø12 950	Ø12 1050
2,80			Ø8 500	Ø8 610	Ø8 675
			Ø10 575	Ø10 675	Ø10 725
			Ø12 650	Ø12 750	Ø12 785
3,00					Ø8 450
					Ø10 500
					Ø12 565
3,20					Ø8 400
					Ø10 435
					Ø12 485

		H=6 cm			
e (mm)	L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
2,00	Ø8	2500	Ø8 2700	Ø8 3130	
	Ø10	2850	Ø10 3025	Ø10 3450	
	Ø12	3250	Ø12 3450	Ø12 3850	
2,20	Ø8	1810	Ø8 1975	Ø8 2300	
	Ø10	2100	Ø10 2250	Ø10 2550	
	Ø12	2435	Ø12 2550	Ø12 2850	
2,40	Ø8	1350	Ø8 1435	Ø8 1700	Ø8 1950
	Ø10	1575	Ø10 1650	Ø10 1900	Ø10 2100
	Ø12	1800	Ø12 1900	Ø12 2150	Ø12 2350
2,60	Ø8	1025	Ø8 1100	Ø8 1300	Ø8 1450
	Ø10	1190	Ø10 1280	Ø10 1450	Ø10 1600
	Ø12	1400	Ø12 1485	Ø12 1625	Ø12 1785
2,80	Ø8	775	Ø8 840	Ø8 985	Ø8 1100
	Ø10	900	Ø10 975	Ø10 1125	Ø10 1250
	Ø12	1050	Ø12 1120	Ø12 1280	Ø12 1350
3,00	Ø8	580	Ø8 640	Ø8 750	Ø8 870
	Ø10	685	Ø10 745	Ø10 870	Ø10 965
	Ø12	790	Ø12 850	Ø12 950	Ø12 1100
3,20			Ø8 475	Ø8 575	Ø8 685
			Ø10 550	Ø10 650	Ø10 750
			Ø12 650	Ø12 750	Ø12 850
3,40					Ø8 435
					Ø10 510
					Ø12 565
3,60					Ø8 400
					Ø10 450
					Ø12 500



ACH



- 1 - Diámetro de las barras de armadura positiva de calidad B-500-S (mm).
- 2 - Sobrecarga útil en función de la armadura positiva y de la malla antifisuración/retracción de la Losa Mixta (daN/m²).
- 3 - Malla antifisuración/retracción de calidad B-500-T (mm).

Apuntalamiento intermedio en el vano para calidad de acero de la placa nervada:

■ S250GD, S320GD ó S350GD.

H=8 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
2,00	Ø8 3705 Ø10 4250 Ø12 4925 200 x 200 x 8	Ø8 3970 Ø10 4550 Ø12 5220 200 x 200 x 8	Ø8 4575 Ø10 5125 Ø12 5765 200 x 200 x 8	Ø8 5150 Ø10 5720 Ø12 6320 200 x 200 x 8
2,20	Ø8 2680 Ø10 3100 Ø12 3575 200 x 200 x 8	Ø8 2925 Ø10 3300 Ø12 3820 200 x 200 x 8	Ø8 3400 Ø10 3805 Ø12 4300 200 x 200 x 8	Ø8 3820 Ø10 4200 Ø12 4585 200 x 200 x 8
2,40	Ø8 2025 Ø10 2395 Ø12 2775 150 x 150 x 10	Ø8 2220 Ø10 2550 Ø12 2950 150 x 150 x 10	Ø8 2500 Ø10 2850 Ø12 3150 200 x 200 x 8	Ø8 2875 Ø10 3125 Ø12 3455 200 x 200 x 8
2,60	Ø8 1550 Ø10 1785 Ø12 2120 150 x 150 x 10	Ø8 1700 Ø10 1940 Ø12 2250 150 x 150 x 10	Ø8 1980 Ø10 2250 Ø12 2485 150 x 150 x 10	Ø8 2150 Ø10 2420 Ø12 2680 200 x 200 x 8
2,80	Ø8 1175 Ø10 1385 Ø12 1625 150 x 150 x 10	Ø8 1295 Ø10 1515 Ø12 1735 150 x 150 x 10	Ø8 1520 Ø10 1715 Ø12 1935 150 x 150 x 10	Ø8 1735 Ø10 1925 Ø12 2150 150 x 150 x 10
3,00	Ø8 895 Ø10 1075 Ø12 1250 150 x 150 x 10	Ø8 1000 Ø10 1150 Ø12 1345 150 x 150 x 10	Ø8 1165 Ø10 1335 Ø12 1520 150 x 150 x 10	Ø8 1350 Ø10 1500 Ø12 1675 150 x 150 x 10
3,20	Ø8 695 Ø10 825 Ø12 985 150 x 150 x 10	Ø8 765 Ø10 905 Ø12 1050 150 x 150 x 10	Ø8 920 Ø10 1035 Ø12 1185 150 x 150 x 10	Ø8 1050 Ø10 1185 Ø12 1325 150 x 150 x 10
3,40		Ø8 585 Ø10 700 Ø12 825 150 x 150 x 10	Ø8 710 Ø10 825 Ø12 945 150 x 150 x 10	Ø8 820 Ø10 925 Ø12 1045 150 x 150 x 10
3,60			Ø8 550 Ø10 635 Ø12 725 150 x 150 x 10	Ø8 645 Ø10 735 Ø12 830 150 x 150 x 10
3,80			Ø8 420 Ø10 485 Ø12 575 150 x 150 x 10	Ø8 500 Ø10 575 Ø12 650 150 x 150 x 10
4,00				Ø8 375 Ø10 440 Ø12 510 150 x 150 x 10

H=10 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
2,40	Ø8 2850 Ø10 3350 Ø12 3850 150 x 150 x 10	Ø8 3100 Ø10 3550 Ø12 4150 150 x 150 x 10		
2,60	Ø8 2150 Ø10 2550 Ø12 2930 150 x 150 x 10	Ø8 2350 Ø10 2735 Ø12 3115 150 x 150 x 10	Ø8 2750 Ø10 3125 Ø12 3520 150 x 150 x 10	Ø8 3050 Ø10 3425 Ø12 3850 200 x 200 x 8
2,80	Ø8 1650 Ø10 1989 Ø12 2285 150 x 150 x 10	Ø8 1825 Ø10 2125 Ø12 2450 150 x 150 x 10	Ø8 2150 Ø10 2400 Ø12 2750 150 x 150 x 10	Ø8 2375 Ø10 2695 Ø12 2975 150 x 150 x 10
3,00	Ø8 1300 Ø10 1520 Ø12 1785 150 x 150 x 10	Ø8 1425 Ø10 1650 Ø12 1920 150 x 150 x 10	Ø8 1650 Ø10 1880 Ø12 2150 150 x 150 x 10	Ø8 1880 Ø10 2120 Ø12 2400 150 x 150 x 10
3,20	Ø8 1000 Ø10 1200 Ø12 1425 150 x 150 x 10	Ø8 1095 Ø10 1275 Ø12 1520 150 x 150 x 10	Ø8 1295 Ø10 1485 Ø12 1720 150 x 150 x 10	Ø8 1510 Ø10 1675 Ø12 1885 150 x 150 x 10
3,40	Ø8 780 Ø10 925 Ø12 1120 150 x 150 x 10	Ø8 875 Ø10 1015 Ø12 1200 150 x 150 x 10	Ø8 1025 Ø10 1185 Ø12 1335 150 x 150 x 10	Ø8 1175 Ø10 1325 Ø12 1480 150 x 150 x 10
3,60		Ø8 675 Ø10 800 Ø12 925 150 x 150 x 10	Ø8 800 Ø10 925 Ø12 1075 150 x 150 x 10	Ø8 935 Ø10 1075 Ø12 1210 150 x 150 x 10
3,80			Ø8 625 Ø10 750 Ø12 845 150 x 150 x 10	Ø8 740 Ø10 850 Ø12 975 150 x 150 x 10
4,00			Ø8 485 Ø10 575 Ø12 690 150 x 150 x 10	Ø8 575 Ø10 680 Ø12 765 150 x 150 x 10
4,20				Ø8 450 Ø10 510 Ø12 610 150 x 150 x 10
4,40				Ø8 340 Ø10 400 Ø12 470 150 x 150 x 10

H=12 cm				
e (mm) L (m)	0,70	0,80	1,00	1,20
2,40	Ø8 3318 Ø10 4067 Ø12 4971 150 x 150 x 12	Ø8 3623 Ø10 4369 Ø12 5271 150 x 150 x 12	Ø8 4263 Ø10 5005 Ø12 5902 150 x 150 x 12	Ø8 4851 Ø10 5576 Ø12 6449 150 x 150 x 8
2,60	Ø8 2779 Ø10 3417 Ø12 4187 150 x 150 x 12	Ø8 3038 Ø10 3674 Ø12 4320 150 x 150 x 12	Ø8 3584 Ø10 4216 Ø12 4825 150 x 150 x 12	Ø8 4105 Ø10 4733 Ø12 5200 150 x 150 x 12
2,80	Ø8 2300 Ø10 2710 Ø12 3200 150 x 150 x 12	Ø8 2450 Ø10 2875 Ø12 3350 150 x 150 x 12	Ø8 2850 Ø10 3280 Ø12 3750 150 x 150 x 12	Ø8 3250 Ø10 3650 Ø12 4100 150 x 150 x 12
3,00	Ø8 1800 Ø10 2100 Ø12 2500 150 x 150 x 12	Ø8 1950 Ø10 2300 Ø12 2625 150 x 150 x 12	Ø8 2300 Ø10 2565 Ø12 2950 150 x 150 x 12	Ø8 2545 Ø10 2850 Ø12 3250 150 x 150 x 12
3,20	Ø8 1400 Ø10 1665 Ø12 1975 150 x 150 x 12	Ø8 1520 Ø10 1800 Ø12 2100 150 x 150 x 12	Ø8 1795 Ø10 2050 Ø12 2400 150 x 150 x 12	Ø8 2075 Ø10 2285 Ø12 2610 150 x 150 x 12
3,40	Ø8 1100 Ø10 1350 Ø12 1620 150 x 150 x 12	Ø8 1210 Ø10 1420 Ø12 1675 150 x 150 x 12	Ø8 1440 Ø10 1675 Ø12 1890 150 x 150 x 12	Ø8 1675 Ø10 1855 Ø12 2100 150 x 150 x 12
3,60	Ø8 875 Ø10 1075 Ø12 1275 150 x 150 x 12	Ø8 975 Ø10 1160 Ø12 1345 150 x 150 x 12	Ø8 1145 Ø10 1320 Ø12 1525 150 x 150 x 12	Ø8 1325 Ø10 1500 Ø12 1725 150 x 150 x 12
3,80		Ø8 775 Ø10 925 Ø12 1100 150 x 150 x 12	Ø8 910 Ø10 1085 Ø12 1250 150 x 150 x 12	Ø8 1075 Ø10 1220 Ø12 1400 150 x 150 x 12
4,00			Ø8 735 Ø10 850 Ø12 985 150 x 150 x 12	Ø8 845 Ø10 985 Ø12 1140 150 x 150 x 12
4,20			Ø8 575 Ø10 695 Ø12 795 150 x 150 x 12	Ø8 685 Ø10 795 Ø12 925 150 x 150 x 12
4,40				Ø8 550 Ø10 630 Ø12 745 150 x 150 x 12
4,60				Ø8 425 Ø10 500 Ø12 575 150 x 150 x 12

Introducción

Al analizar el comportamiento al fuego de la Losa Mixta, según lo indicado por el Eurocódigo 4 (parte 1-2), se plantean dos posibles casos:

1. Losa Mixta sin protección.
2. Losa Mixta con protección.

En ambos casos debe verificarse que la Losa Mixta cumple los requisitos exigidos con el fin de satisfacer su funcionalidad, es decir, tendrá que tener capacidad resistente y a la vez cumplir la función de compartimentación, para lo cual deberá verificarse que se cumplan los siguientes criterios de rotura:

Aislamiento Térmico "I".

Criterio por el que se verifica la capacidad de un elemento de compartimentación para evitar la transmisión excesiva de calor.

Para que el forjado cumpla este criterio la temperatura de la cara no expuesta al fuego no debe superar los 180° C en ningún punto ni los 140° C de temperatura media.

Estanqueidad "E".

Criterio por el que se asegura la capacidad de un elemento de compartimentación para prevenir el paso de llamas y gases calientes.

Se considerará que si la Losa Mixta cumple el criterio de aislamiento, también cumple el criterio de estanqueidad.

Resistencia "R".

Criterio por el que se asegura la capacidad de una estructura o de un elemento estructural para soportar cargas durante la acción del fuego indicado y evitar el colapso o las deformaciones excesivas.

La resistencia al fuego de una Losa Mixta sin armadura adicional, según el apartado 4.3.1.1. del Eurocódigo 4 (Parte 1-2) será de al menos 30 minutos, comprobándose en todo caso el criterio de aislamiento "I" ya que para algunos casos, donde el canto de la losa no es mayor de 6 cm, no se logra el mínimo aislamiento necesario.

Criterio de Aislamiento Térmico en la Losa Mixta sin Protección

RESISTENCIA AL FUEGO NORMALIZADO	GROSOR EFICAZ MÍNIMO (mm)
R30	$h_{eff} = 60 - h_3$
R60	$h_{eff} = 80 - h_3$
R90	$h_{eff} = 100 - h_3$
R120	$h_{eff} = 120 - h_3$
R180	$h_{eff} = 150 - h_3$
R240	$h_{eff} = 175 - h_3$

Tabla 10

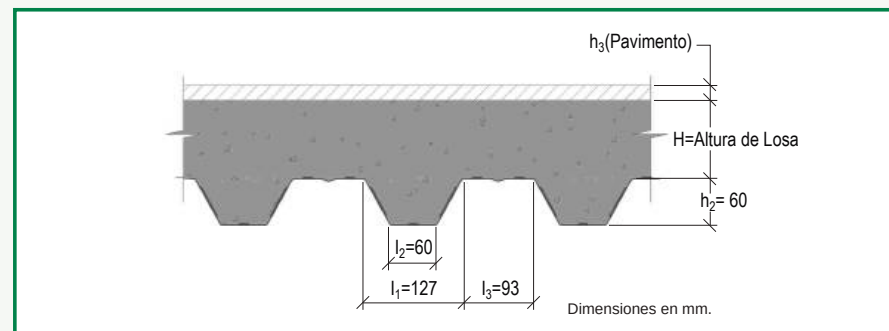


Figura 10

$$h_{eff} = H + 0,5 \cdot h_2 \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1 + l_3} \right) \text{ si } \frac{h_2}{H} \leq 1,5 \text{ y } H > 40 \text{ mm}$$

$$h_{eff} = H \cdot \left[1 + 0,75 \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1 + l_3} \right) \right] \text{ si } \frac{h_2}{H} > 1,5 \text{ y } H > 40 \text{ mm}$$

Ejemplo de aplicación Criterio Aislamiento Térmico.

Datos de partida:

Altura del pavimento: $h_3 = 0$.

Altura de la losa de hormigón: $H = 80 \text{ mm}$.

Resistencia al fuego R90.

Resolución:

De la tabla 10 se obtiene que, para R90 el grosor eficaz debe ser:

$$h_{eff} \geq 100 - h_3; h_{eff \text{ min}} = 100 \text{ mm}$$

a continuación se calcula el grosor eficaz y se compara con el valor obtenido.

Como:

$$\frac{h_2}{H} = \frac{60}{80} = 0,75 \leq 1,5 \text{ y } H > 40 \text{ mm}$$

el grosor eficaz se calculará según la expresión:

$$h_{eff} = 80 + 0,5 \cdot 60 \cdot \left(\frac{127 + 60}{127 + 93} \right) = 105,5 \text{ mm}$$

como el grosor eficaz de este caso (105,5 mm) es mayor que el grosor eficaz mínimo (100 mm) podemos afirmar que la Losa Mixta cumple el criterio de aislamiento térmico.

Criterio de Resistencia en la Losa Mixta sin Protección

El criterio de resistencia se puede analizar mediante la teoría plástica, a partir del cálculo del estado límite de pérdida para cada uno de los sistemas estáticos que se pueden considerar en el diseño de las losas.

Los diferentes sistemas estáticos posibles se muestran en la siguiente tabla en la que se puede ver la carga máxima que puede soportar la Losa Mixta para verificar el criterio de resistencia.

Definición del sistema	Esquema del sistema	Armaduras	Verificación del criterio de resistencia
Losa de un tramo apoyada en los extremos.		Sin armadura de negativos.	$q \leq \frac{8 \cdot M_{0,Rd}^+}{L^2}$
Tramo extremo de una losa continua de n tramos.		Con armadura de positivos y de negativos.	$q \leq \frac{8 \cdot (M_{0,Rd}^+ + 0.5 \cdot M_{0,Rd}^-)}{L^2}$
Tramo intermedio de una losa continua de n tramos.		Con armadura de positivos y de negativos.	$q \leq \frac{8 \cdot (M_{0,Rd}^+ + M_{0,Rd}^-)}{L^2}$
		Sin armadura de positivos.	$q \leq \frac{8 \cdot M_{0,Rd}^-}{L^2}$

Tabla 11

Siendo:

$M_{0,Rd}^+$, $M_{0,Rd}^-$: Valores de cálculo en valor absoluto del momento resistente positivo y negativo respectivamente, después de la exposición al incendio normalizado.

q: Carga repartida uniformemente que actúa sobre la Losa Mixta durante el incendio y que incluye el peso propio de la Losa Mixta (G) y la sobrecarga de uso (Q) a temperatura ambiente.

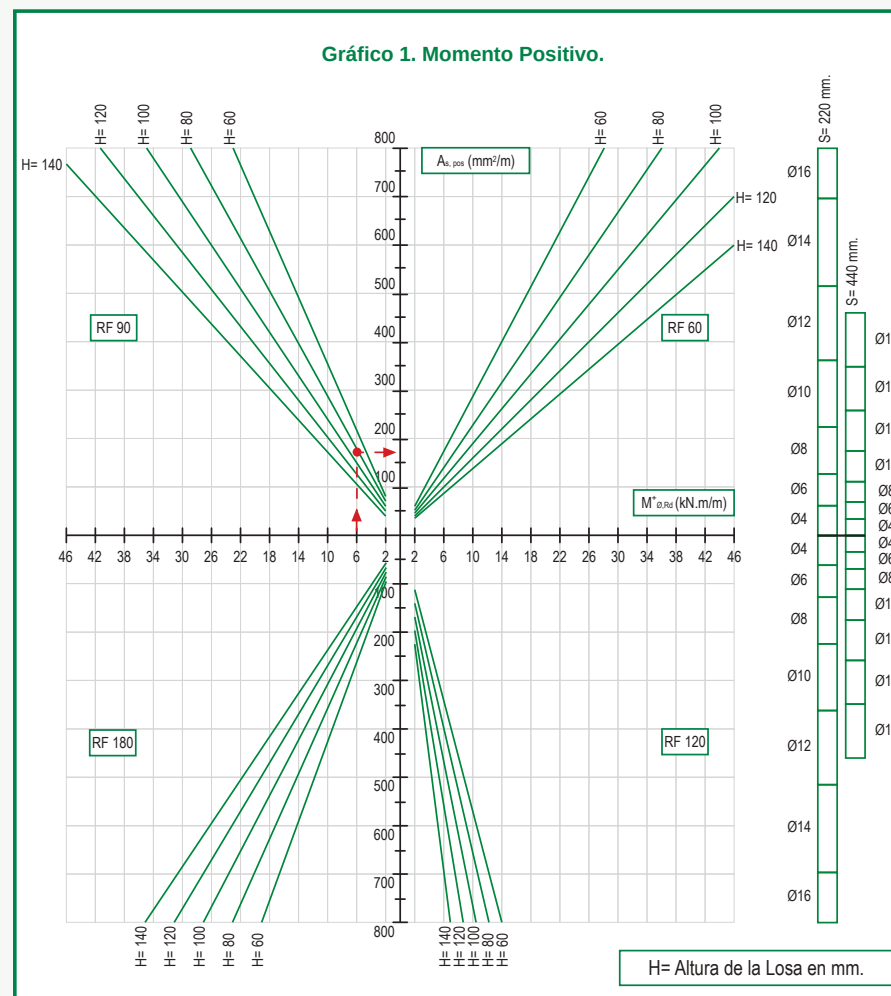
L: Luz en la dirección de la armadura del forjado.

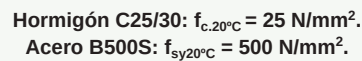
La Losa Mixta, a temperatura ambiente, resiste los momentos positivos gracias a la acción de la placa nervada. En el caso en que no existan falsos techos ni recubrimientos, es la placa nervada la que queda expuesta a la acción del fuego reduciéndose sus propiedades mecánicas tales como el límite elástico y el módulo de elasticidad.

La colocación de armadura adicional, con un recubrimiento de 40 mm, proporciona un aumento de la resistencia de la Losa Mixta al fuego normalizado. Dicha armadura colabora en el cumplimiento del criterio de resistencia al fuego, pero no es válida para verificar el criterio de aislamiento térmico que deberá ser comprobado de forma independiente.



Gráficas de Cálculo para el Criterio de Resistencias





Así pues, añadiendo una barra de Ø8 mm en cada valle con un recubrimiento de 40 mm se obtiene una resistencia al fuego normalizado de 90 minutos.

El Ruido como Contaminante

El ruido es el contaminante más común, y puede definirse como cualquier sonido que sea calificado por quien lo recibe como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable.

Así, lo que es música para una persona, puede ser calificado como ruido para otra. En un sentido más amplio, ruido es todo sonido percibido no deseado por el receptor, y se define al sonido como todo agente físico que estimula el sentido del oído.



Figura 13

Características del Ruido

El ruido presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes:

- es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.
- es complejo de medir y cuantificar. No deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero sí puede tenerlo en el hombre.
- tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes, vale decir, es localizado.
- no se traslada a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado movido por el viento, por ejemplo.
- se percibe sólo por un sentido, el oído, lo cual hace subestimar su efecto. Esto no sucede con el agua, por ejemplo, donde la contaminación se puede percibir por su aspecto, olor y sabor.

Al utilizar la Losa Mixta HLM-60/220 como solución estructural para una entreplanta o cubierta, aparte de aprovechar sus grandes ventajas en cuanto a resistencia y deformación se refiere, también se obtienen notables avances en cuanto al aislamiento acústico respecto a otros tipos de fojados debido a su masividad.

Características Acústicas

Las características acústicas que debe cumplir la Losa Mixta HLM-60/220, cuando se utilice como elemento constructivo horizontal o como cubierta, según el Documento Básico del Código Técnico DB-HR: Protección contra el Ruido aprobado el 19 de Octubre de 2007 son:

1. Aislamiento mínimo a ruido aéreo entre recintos $D_{nT} = 50$ dBA.
2. Máximo Nivel de Ruido de Impacto Normalizado $L_{nI} = 65$ dBA.

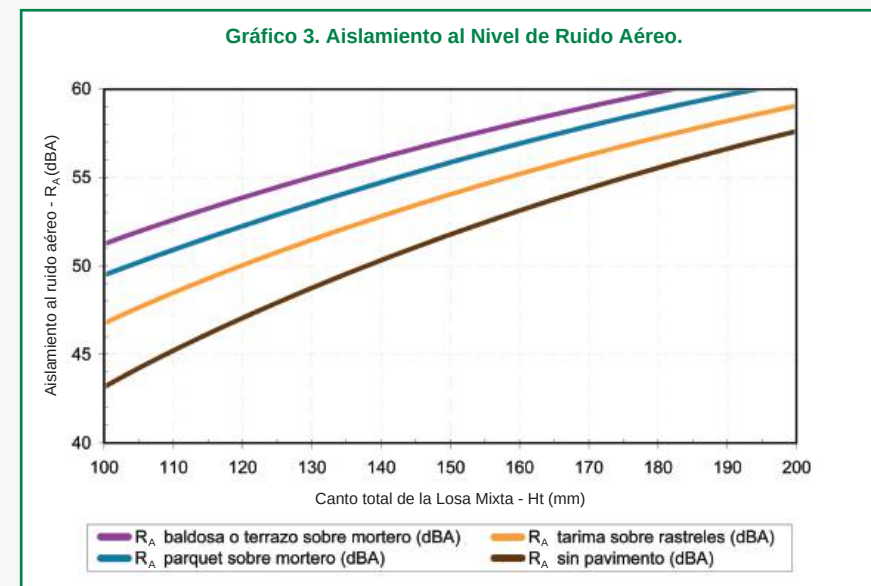
Aislamiento al Nivel de Ruido Aéreo (R_A)

El Código Técnico de la Edificación en el DB-HR admite que en ausencia de ensayos se puede calcular el aislamiento mínimo a ruido aéreo de un elemento constructivo (R_A) mediante las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} m &\leq 150 \text{ kg/m}^2 & R_A &= 16,6 \cdot \log(m) + 2 \\ m &> 150 \text{ kg/m}^2 & R_A &= 36,5 \cdot \log(m) - 38,5 \end{aligned}$$

donde m , expresada en kg/m^2 , representa la masa por unidad de superficie de la Losa Mixta y R_A se obtiene en dBA.

En el Gráfico 3 se muestra el resultado del aislamiento proporcionado por diferentes soluciones constructivas. Este valor ha sido calculado partiendo de las ecuaciones anteriores y de los pesos específicos más usuales de estos materiales.



	Espesor (cm)	Masa unitaria (Kg/m ²)	Aislamiento al Ruido Aéreo R _A (dBA)			
			Baldosa o terrazo sobre mortero (120 Kg/m ²)	Moqueta o láminas sobre mortero (80 Kg/m ²)	Parquet sobre mortero (90 Kg/m ²)	Tarima sobre rastreles (50 Kg/m ²)
FORJADO UNIDIRECCIONAL DE HORMIGÓN ARMADO CON BOVEDILLA DE CERÁMICA	150	170	51	49	50	47
	180	190	52	50	51	48
	200	210	53	51	52	50
	230	240	55	53	53	51
	250	250	55	53	54	52
	280	270	56	54	55	53
	300	290	57	55	56	54
	330	310	57	56	56	55
	350	330	58	57	57	56
FORJADO UNIDIRECCIONAL DE HORMIGÓN ARMADO CON BOVEDILLA DE HORMIGÓN	150	190	52	50	51	48
	180	220	54	52	52	50
	200	240	55	53	53	51
	230	280	56	55	55	53
	250	300	57	55	56	54
	280	330	58	57	57	56
	300	350	59	57	58	56
	330	380	60	58	59	58
	350	400	61	59	60	58
FORJADO UNIDIRECCIONAL DE HORMIGÓN ARMADO SIN BOVEDILLAS	150	150	50	48	48	45
	180	170	51	49	50	47
	200	190	52	50	51	48
	230	210	53	51	52	50
	250	220	54	52	52	50
	280	240	55	53	53	51
	300	250	55	53	54	52
	330	270	56	54	55	53
	350	290	57	55	56	54
FORJADO RETICULAR DE HORMIGÓN ARMADO	200	220	54	52	52	50
	250	270	56	54	55	53
	300	320	58	56	57	55
	350	360	59	58	58	57
	200	250	55	53	54	52
	250	310	57	56	56	55
	300	370	60	58	59	57
	350	420	61	60	60	59

Tabla 12

Máximo Nivel de Ruido de Impacto Normalizado (L_n)

Según el DB-HR los elementos constructivos de separación horizontal deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla una determinada protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso, zonas comunes, recintos de instalaciones o recintos de actividad.

Para el cálculo del aislamiento acústico a ruido de impactos de la Losa Mixta las transmisiones más importantes son las que proceden del recinto superpuesto.

El cálculo se realizará, al igual que cualquier otro tipo de forjado, mediante las expresiones que figuran en el "Documento Básico del Código Técnico DB-HR: Protección frente al ruido".

Soluciones para mejorar el Aislamiento a Ruido de Impacto

Existen diferentes soluciones que se utilizan para mejorar, en caso que sea necesario, el nivel de aislamiento a ruido de impacto, en la Tabla 13 se cuantifica el aporte de varias soluciones constructivas.

ELEMENTO	SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA	MEJORA DE AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO NORMALIZADO (dBA)
PAVIMENTOS	Plástico (PVC, amianto vinilo)	2
	Flotante de hormigón sobre fieltro	6
	Plástico sobre corcho	7
	Plástico sobre fieltro	8
	Parquet de corcho	10
	Plástico sobre espuma	11
	Flotante de hormigón sobre fibra mineral	15
	Flotante de hormigón sobre planchas elastificadas de poliestireno expandido	18
	Moqueta	16
	Flotante sobre parquet	18
	Moqueta sobre fieltro	20
	Moqueta sobre espuma	22
	Falso techo flotante	10
TECHOS	Falso techo flotante	10

Tabla 13