

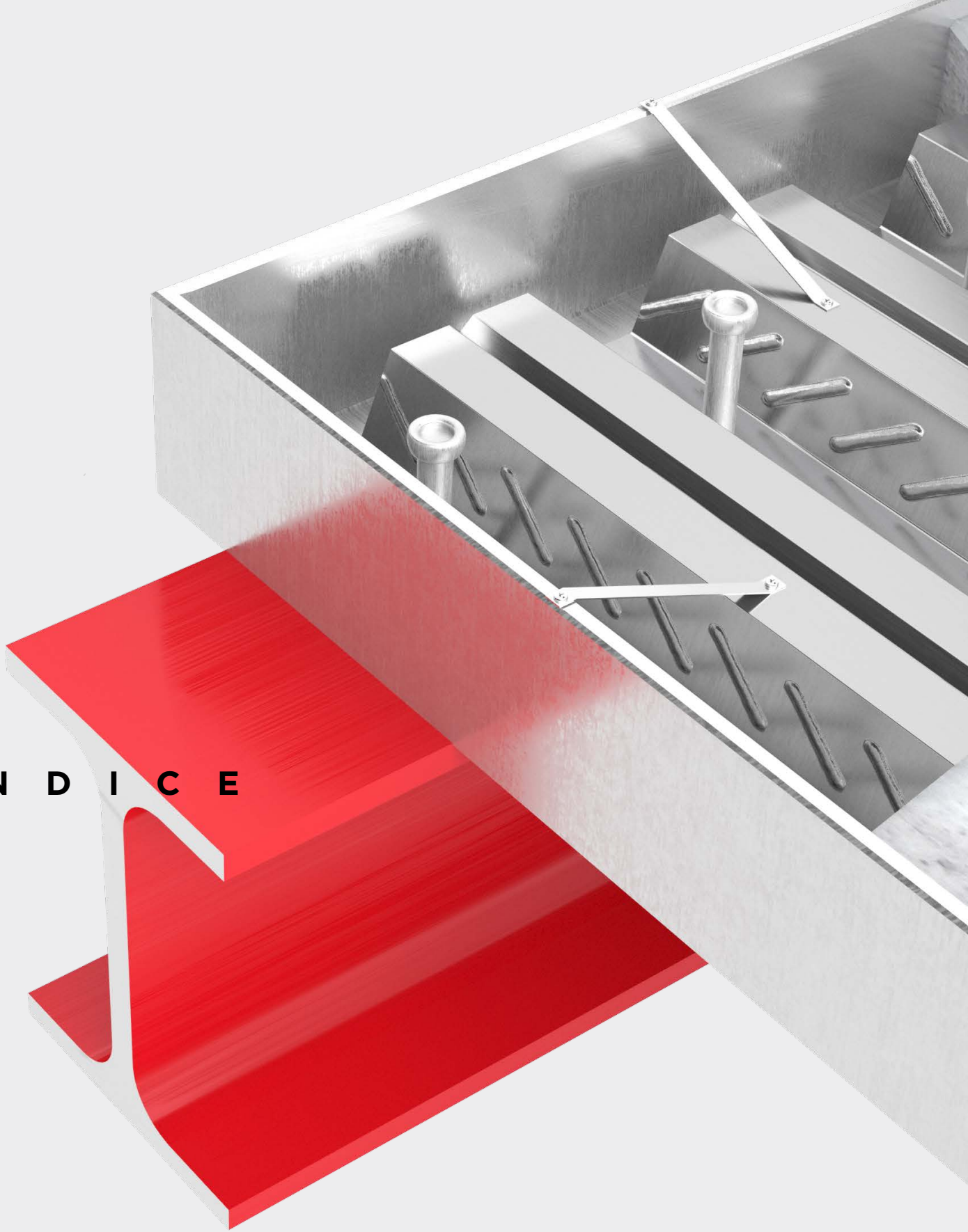
F O R J A D O M I X T O

H60 | PERFIL CONFORMADO EN FRÍO



O FELIZ
METALOMECÂNICA

Í N D I C E



La empresa	04
Presentación	05
Política de calidad	05
Introducción	07
Marco normativo	07
Perfil H60 – Características	08
Forjado mixto – Características	10
Tablas de cálculo directo – Supuestos y explicaciones	13
Resistencia al fuego	13
Tablas de cálculo directo – Dimensionamiento	14
Forjado mixto	14
Definición de forjado mixto	15
H60 – 0.7 mm	16
Tablas de cálculo directo	17
H60 – 0.8 mm	20
Tablas de cálculo directo	21
H60 – 1.0 mm	24
Tablas de cálculo directo	25
H60 – 1.2 mm	28
Tablas de cálculo directo	29
Detalles de la construcción	32
Disposiciones reglamentarias de construcción	34
Recomendaciones de seguridad y normas de buena construcción	36

L A

E M P R E S A



O

FEL



O FELIZ Metalomecânica

Con una experiencia de varias décadas en el mercado, O FELIZ Metalomecânica es una empresa integrante del Grupo O FELIZ. Especializada en la construcción de estructuras metálicas, perfilado de lámina y conformado en frío, y corte y plegado de lámina, ofrece una amplia gama de soluciones integradas que abarcan todas las fases del proyecto: diseño y desarrollo, fabricación, montaje y servicio posventa.

Al dar prioridad a la calidad de los productos y servicios y a la respuesta en los plazos exigidos, ha sabido imponerse de manera única, ganándose la confianza de sus clientes.

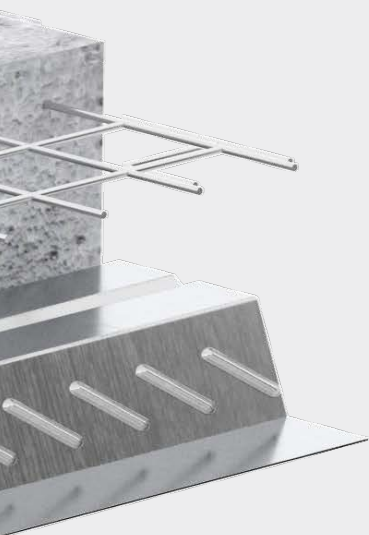
Exporta y realiza trabajos de construcción metálica en diversos mercados. Con un equipo de más de 200 colaboradores, dispone de los equipos, la tecnología y las competencias para responder a los proyectos más complejos y exigentes.

Política de calidad

Frente a un mercado extremadamente competitivo, en el que los clientes son cada vez más exigentes, la Administración de O FELIZ Metalomecânica, asume que sólo con una implicación de facto, el refuerzo de la orientación al mercado, la optimización de todos los recursos y la reducción de las actividades que no añaden valor, así como el estricto cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios aplicables al producto, es posible crecer de forma sostenida.

Por nuestra parte, nos comprometeremos con este propósito, convencidos de que juntos mejoraremos el rendimiento de nuestra organización y nos convertiremos en una empresa de referencia.





Marco normativo

Actualmente, el diseño de este tipo de forjado se establece en la norma NP EN 1994-1-1: Diseño de estructuras mixtas de acero-hormigón - Reglas generales y normas para edificios. En este reglamento se presentan modelos de cálculo para la verificación de la resistencia a la flexión, al esfuerzo cortante, al punzonamiento, así como para la verificación de las condiciones de servicio: deformaciones, vibraciones y agrietamiento. Sin embargo, la verificación de la resistencia al cizallamiento longitudinal, el modo de rotura más condicionante en los vanos actuales, requiere obtener experimentalmente los parámetros m y k .

Las verificaciones de seguridad del perfil H60 en la fase de construcción se realizaron según la norma EN 1993-1-3 Diseño de estructuras de acero - Elementos y láminas finas conformados en frío. En esta fase, la lámina metálica, posiblemente con algún apuntalamiento provisional, constituye el único elemento resistente.

Los ensayos para la caracterización de la conexión acero-hormigón se realizaron de acuerdo con el Anexo B.3 de la norma NP EN 1994-1-1, en el Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Coimbra, bajo la coordinación del Prof. Rui Simões.

En este contexto, también se evaluó el comportamiento dinámico (vibraciones) de los forjados compuestos con el perfil H60 a partir de ensayos. Este trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Coimbra, bajo la coordinación del profesor Carlos Rebelo.

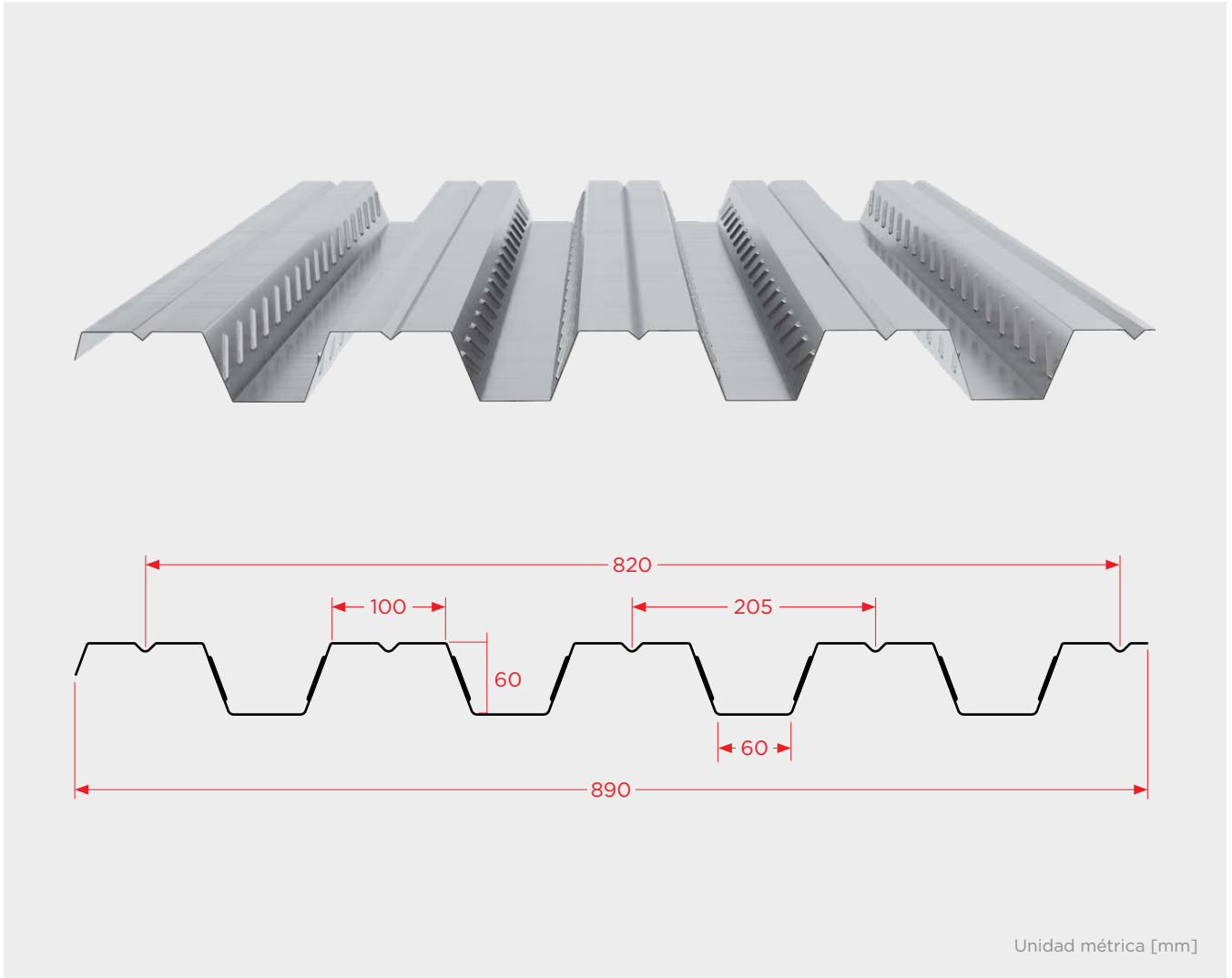
El estado límite de vibración se entiende como la garantía de unos niveles de confort compatibles con el tipo de uso del suelo. Las acciones dinámicas consideradas en esta verificación son, exclusivamente, las resultantes del movimiento de personas durante el uso normal del pavimento. Para verificar el estado límite de vibración, se siguió la metodología descrita en la «Design Guide for Floor Vibrations» (Guía de diseño para vibraciones de suelos). Esta metodología utiliza el parámetro OS-RMS90 (One Step Root Mean Square [media cuadrática de un paso]) correspondiente a la vibración armónica inducida en el pavimento por el paso representativo del desplazamiento de personas.

“

Un perfil innovador para la aplicación en forjado mixto.

”

Perfil H60



Detalles



Izquierda



Derecha

Características

El perfil H60 es un perfil conformado en frío mediante perfilado.

Se trata de un producto fabricado a partir de bobinas de lámina galvanizada con zinc por inmersión en caliente de clase S320GD+Z, conforme a la norma EN 10346:2009.

Propiedades del acero

Tensión de cedencia	$f_{yb} \geq 320 \text{ N/mm}^2$
Tensión de rotura	$f_u \geq 390 \text{ N/mm}^2$
Alargamiento tras la rotura	$\delta \geq 17\%$

Características mecánicas del perfil H60 – Sección bruta

Espesor de la chapa	Peso propio	A_{nominal}	A_{pe}	h	y_G	I_p
[mm]	[kN/m ²]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[mm]	[mm]	[cm ⁴ /m]
0.7	0.078	9.90	9.17	60	34	56.10
0.8	0.089	11.37	10.59	60	34	64.59
1.0	0.111	14.20	13.34	60	34	81.61
1.2	0.134	17.02	16.15	60	34	98.59

Características mecánicas del perfil H60 – Sección efectiva en flexión positiva

Espesor de la chapa	A_{ef}	$y_{G,\text{ef}}$	$V_{Rd,\text{ef}}$	I_{ef}	$W_{el,\text{ef}}$	$M_{Rd,\text{ef}}$	EI_{ef}
[mm]	[cm ² /m]	[mm]	[cm ³ /m]	[cm ⁴ /m]	[cm ³ /m]	[kNm/m]	[kNm ² /m]
0.7	7.82	29.8	48.09	45.98	15.2	4.9	96.56
0.8	9.07	30.0	63.77	53.49	17.8	5.7	112.33
1.0	11.59	30.3	101.75	68.60	22.6	7.2	144.06
1.2	14.12	30.6	132.18	83.84	27.4	8.8	176.06

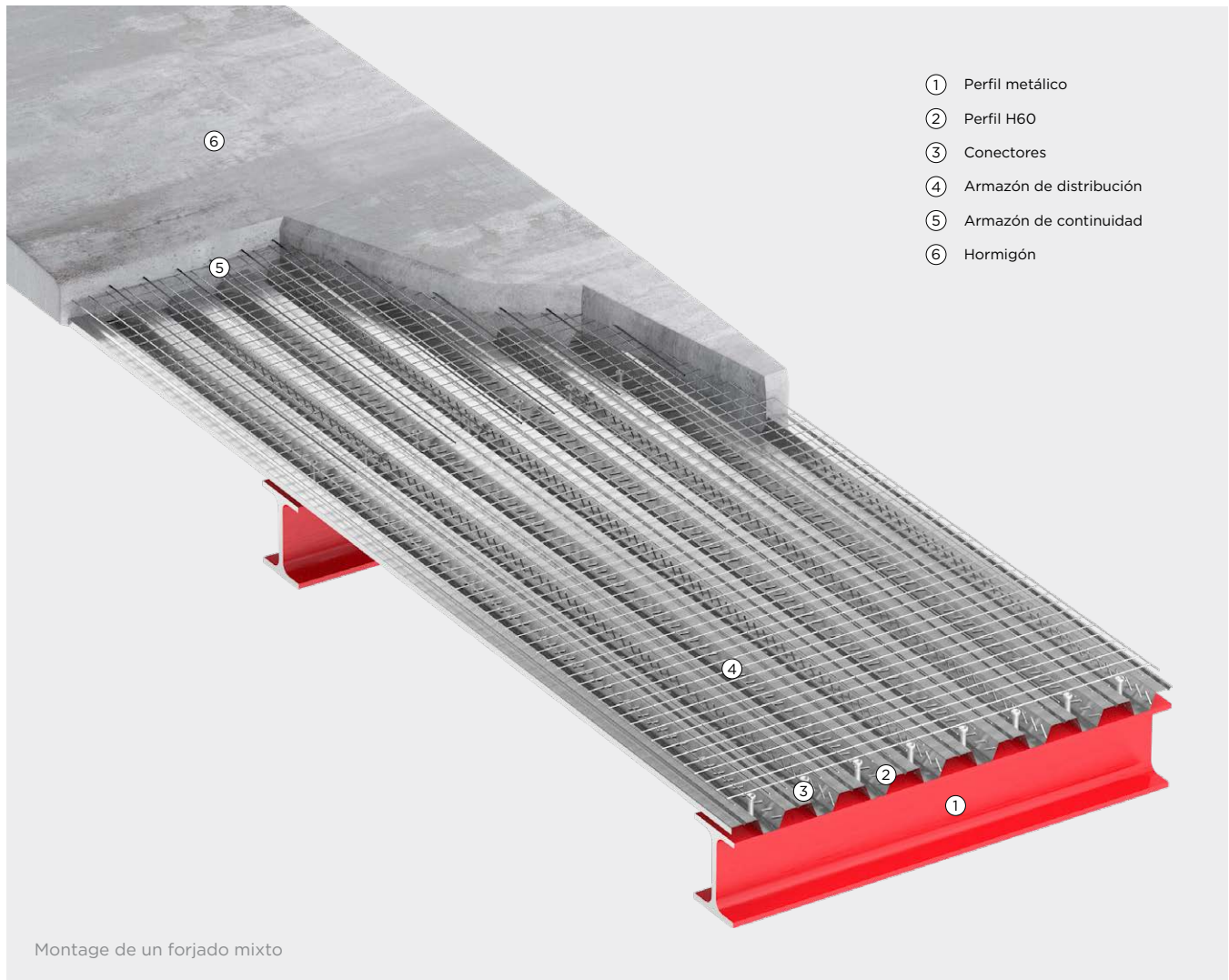
Parámetros de corte longitudinal

m [N/mm ²]	98.32
k [N/mm ²]	0.080

Leyenda

A_{pe}	Área equivalente, con el espesor de las almas reducido para tener en cuenta la reducción del límite elástico en esas zonas.
y_G	Centro de gravedad con referencia a la base de la lámina perfilada.
h	Altura del perfil H60.
I_p	Momento de inercia.
$A_{\text{ef}}, y_{G,\text{ef}}, I_{\text{ef}}$ e $W_{el,\text{ef}}$	Área efectiva, posición del centro de gravedad, momento de inercia y módulo elástico de flexión de la sección efectiva en flexión positiva, respectivamente.
$V_{Rd,\text{ef}}$ e $M_{Rd,\text{ef}}$	Fuerza cortante y momento flector resistente de la sección efectiva de la lámina, respectivamente.
I_{ef}	Rigidez a la flexión de la sección eficaz en flexión positiva.

Forjado mixto



Características

En el desarrollo de este documento, se consideró el uso de hormigón conforme a la norma NP EN 206-1.

Los armazones de refuerzo y las mallas electrosoldadas se fabricaron con acero de tipo A400 y A500, cuyas propiedades se ajustan a lo estipulado en la norma EN especificación LNEC.

La tabla siguiente muestra los volúmenes y los pesos propios del hormigón armado por metro cuadrado de forjado, para las diferentes alturas, considerando $\gamma_{\text{hormigón}} = 25 \text{ kN/m}^3$.

h_f [cm]	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Volumen [m ³ /m ²]	0.064	0.074	0.084	0.094	0.104	0.114	0.124	0.134	0.144	0.154	0.164	0.174	0.184	0.194	0.204	0.214
Peso [kN/m ²]	1.60	1.85	2.10	2.35	2.60	2.85	3.10	3.35	3.60	3.85	4.10	4.35	4.60	4.85	5.10	5.35

En las tablas de la página siguiente se indican los valores de los momentos de inercia, para efectos a largo plazo, correspondientes a las 3 clases de hormigón más comunes: C20/25, C25/30 y C30/37.

En el cálculo de la inercia para flexión negativa, se supuso una armadura de continuidad compuesta por barras de $\phi 10$ mm separadas 0,15 m, unos 5,24 cm²/m. La armadura de distribución no

se incluye en esta área ya que, según la cláusula 5.5.1 (6) de la norma NP EN 1994-1-1, es posible que no posea suficiente ductilidad, especialmente cuando está hecha de malla electrosoldada lisa.

Supuestos y explicaciones sobre el uso de tablas de cálculo directo

Supuestos generales

Las tablas presentadas se han elaborado sobre la base de los siguientes supuestos:

- cargas uniformemente distribuidas en la fase definitiva (fase mixta);
- las cargas permanentes en la fase mixta incluyen únicamente el propio peso del forjado, añadiéndose el resto de cargas permanentes a la sobrecarga;
- flecha máxima admisible para la fase definitiva igual a $L/300$;
- la fluencia a largo plazo del hormigón se tiene en cuenta considerando un módulo de elasticidad reducido dado por $E_{cm}/2$;
- armadura mínima de $80 \text{ mm}^2/\text{m}$ en cada dirección en la cara superior;
- en los reforzados mixtos se considera una redistribución máxima de los momentos flectores negativos del 30%;
- la armadura de continuidad en reforzados mixtos consiste en $\varnothing 10 \text{ mm} // 0.15 \text{ m}$ en acero S500;
- en los forjados mixtos con continuidad, pero dimensionados como simplemente apoyados, debe colocarse en los apoyos intermedios (en la cara superior) una armadura longitudinal para el control de agrietamiento igual al 0,4% o al 0,2% del área de la sección transversal del hormigón por encima de los nervios, dependiendo de si el forjado está apuntalado o no durante la fase de construcción, respectivamente.

En los forjados continuos, esta armadura debe calcularse de acuerdo con el cláusula 7.3 de la norma EN 1992-1-1;

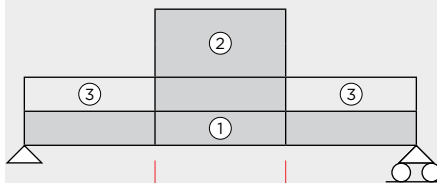
- los valores de m y k obtenidos en los ensayos realizados con hormigón C25/30 son válidos para todas las clases superiores a C25/30 y también para la clase C20/25;

- las almas de chapa, debido a la existencia de protuberancias y al efecto "armónica", se consideraron mediante un espesor reducido.

Supuestos adicionales relativos a la fase de construcción

En la fase de construcción, las chapas se consideran siempre simplemente apoyadas entre cualquier apoyo o apuntalamiento:

- las chapas se verificaron para los estados límite últimos y los estados límite de servicio; para verificar el estado límite de servicio se consideró como límite una flecha máxima de $L/240$;
- en la fase de construcción se consideraron las acciones indicadas en el esquema siguiente;
- la carga 1 representa el peso propio de la chapa más el hormigón fresco. La carga 2 representa una sobrecarga de constructiva con una anchura máxima de actuación de 3 m y la carga 3 también representa una sobrecarga de constructiva que debe aplicarse, cuando la anchura sea superior a 3 m, en el área de exceso.



Se consideró el efecto de charco, traducido por el aumento del espesor del hormigón debido a la deformación de las chapas. Este efecto debe incluirse siempre que la flecha en el centro del vano para condiciones de servicio sea superior a $1/10$ del espesor total final del forjado mixto.

El aumento de espesor se consideró igual a 0,7 veces la flecha a mitad del vano, a efectos del cálculo de los esfuerzos actuantes y de la flecha máxima.

La verificación de la fase de construcción está garantizada siempre que se respeten los valores límite de distancia entre elementos de apuntalamiento indicados en

las tablas de cálculo que figuran a continuación.

Resistencia al fuego

Según la cláusula 4.3.2 de la norma EN 1994-1-2, los forjados mixtos no protegidos con encofrado colaborante tienen una resistencia al fuego de al menos 30 minutos sin necesidad de armaduras adicionales. Con respecto a requisitos de resistencia al fuego superiores a 30 minutos, deberá ponerse en contacto con el Departamento Técnico de nuestra empresa.

Nota explicativa sobre la utilización de las tablas

Cada una de las tablas presentadas tiene en común: el espesor de la chapa, la clase de hormigón y el tipo de apoyo (forjado simplemente apoyado o continuo).

Las tablas tienen dos entradas: la 1.ª columna se refiere a los vanos, en metros, mientras que la 1.ª fila se refiere a la altura total del forjado mixto en centímetros.

Los valores indicados en la tabla se refieren al valor característico de la suma de las cargas actuantes (sobrecargas, revestimientos, paredes, etc.) que puede soportar el forjado mixto, además de su propio peso.

En este escenario, el peso propio del forjado mixto se incrementó con $\gamma_g = 1.35$ y el resto de cargas (sobrecargas, revestimientos, paredes, etc.) se incrementaron con $\gamma_q = 1.50$.

$$1.35 PP_{\text{Forjado}} + 1.50 P$$

Donde P es el valor mencionado en las tablas de cálculo directo.

En la verificación de las deformaciones en el estado definitivo (estados límite de servicio) se utilizó la combinación poco frecuente de acciones.

Las cargas máximas admisibles indicadas en las tablas están condicionadas por uno de los modos siguientes:

- Esfuerzo de corte vertical;
- Esfuerzo de corte longitudinal;
- Deformación.

Dimensionamiento mediante tablas de cálculo directo

Se pretende diseñar un forjado con las siguientes características:

Esquema estructural del forjado:
Distancia entre apoyos: $L = 3.6$ m
Esquema estructural: simplemente apoyado

Acciones sobre el forjado (valores característicos):
Peso propio del forjado de hormigón;
Revestimientos: 0.50 kN/m²;
Paredes divisorias: 1.50 kN/m²;
Sobrecarga: 3.00 kN/m².

La sollicitud de cálculo de la losa, calculada según lo descrito en los supuestos generales es:
 $P_{Ed} = 0.50 + 1.50 + 3.00 = 5.00$ kN/m²

De acuerdo con las tablas, se verifica que, para un Hormigón C25/30 y una lámina H60 de 1,0 mm de espesor, la losa debe tener una altura total de 16 cm.

HORMIGÓN C25/30		H60 – 1.0 mm							Simplesmente apoyado	
Vano [m]	Altura del forjado [cm]									
	10	12	14	16	18	20	22	24		
3.0	4.42	5.78	7.13	8.48	9.83	11.19	12.54	13.69		
3.2	4.05	5.29	6.53	7.77	9.01	10.25	11.49	12.54		
3.4	3.53	4.61	5.70	6.78	7.86	8.94	10.03	11.11		
3.6	3.07	4.01	4.96	5.90	6.85	7.79	8.73	9.68		
3.8	2.46	3.50	4.33	5.15	5.98	6.80	7.62	8.45		
4.0	-	3.06	3.78	4.50	5.22	5.95	6.67	7.39		
4.2	-	2.68	3.31	3.94	4.57	5.20	5.83	6.47		
4.4	-	2.28	2.89	3.44	4.00	4.55	5.10	5.66		

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

Verificación: $P_{Ed} = 5.00$ kN/m² ≤ $P_{Rd} = 5.90$ kN/m² => OK

Alt. forj. [cm]	10	12	14	16	18	20	22	24
Vano _{máx} [m]	3.0	2.8	2.6	2.6	2.4	2.4	2.2	2.2

Para un forjado mixto con una altura total de 16 cm, es necesario apuntalar la chapa durante la fase de hormigonado, ya que, consultando la tabla de apuntalamientos, se observa que el vano máximo sin apuntalar durante el hormigonado es de 2,6 m.

Esta verificación también garantiza que el forjado mixto tendrá una deformación máxima no superior a $L/300$, es decir, $3600/300 = 12$ mm.

También se puede concluir que el dimensionamiento de este forjado está condicionado por el corte longitudinal.

Para los valores de vano intermedios, se utilizará el valor correspondiente al vano inmediatamente superior.

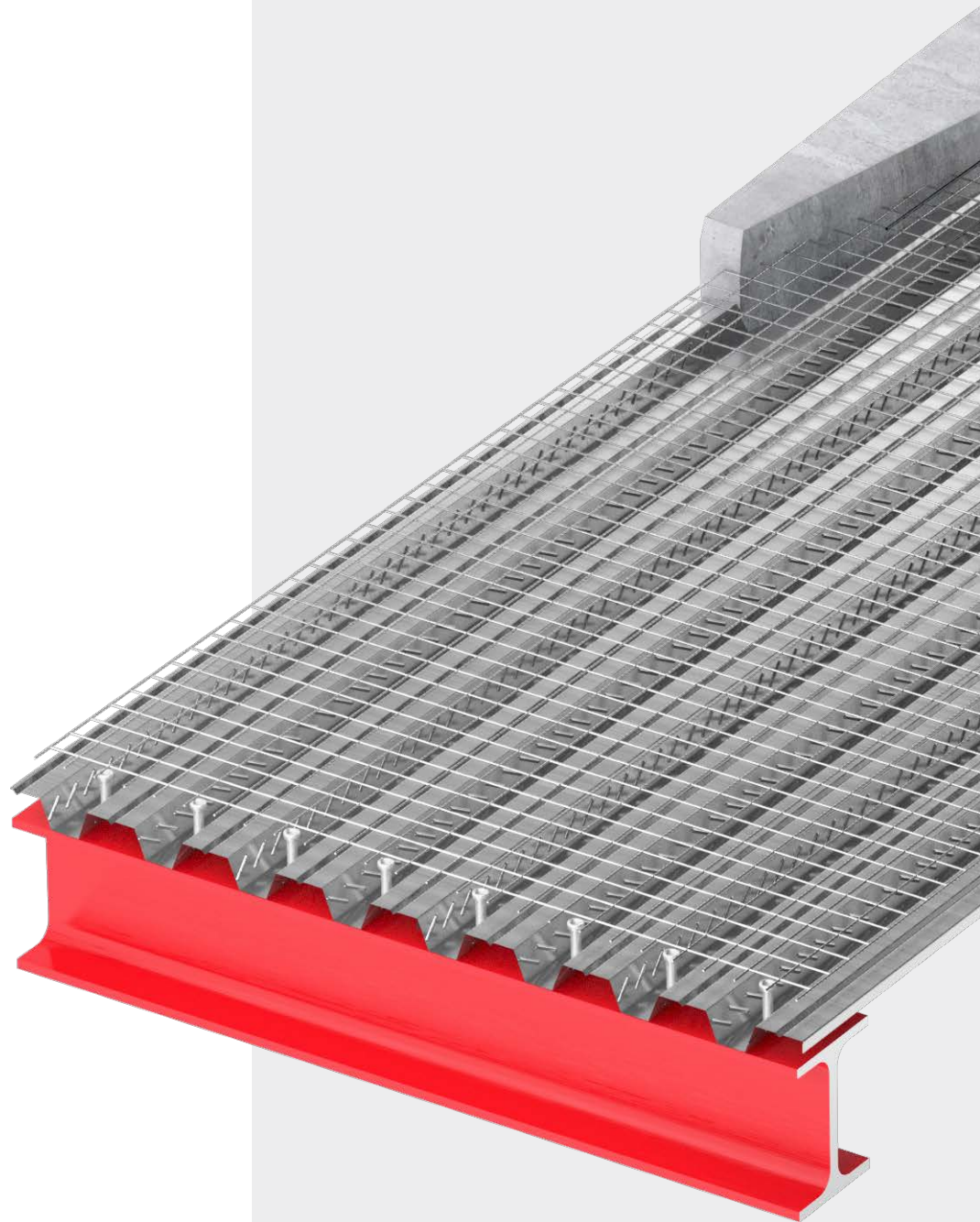


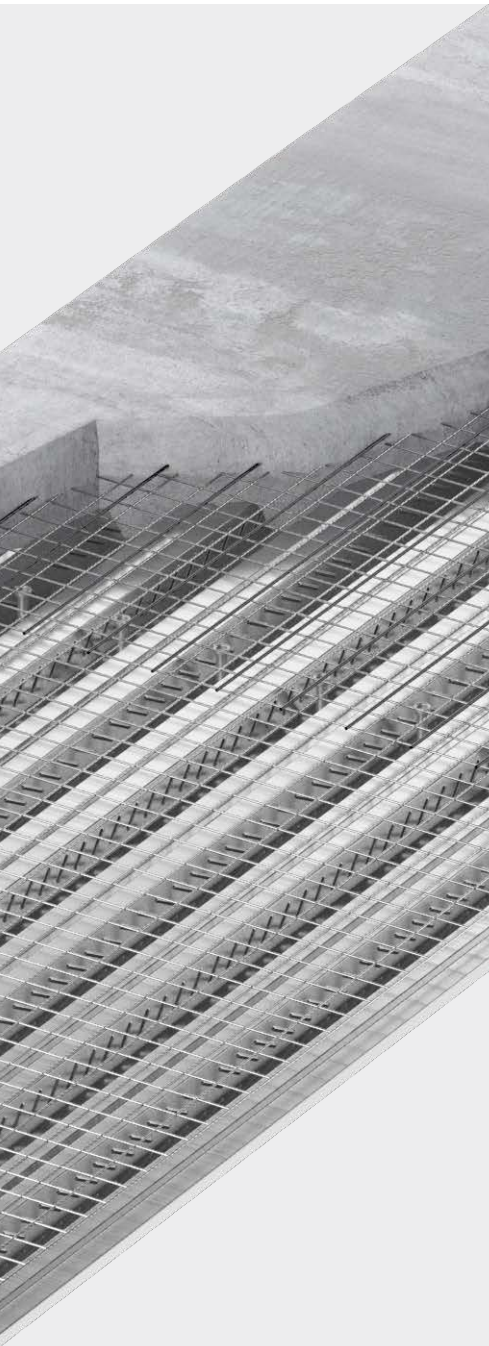
Forjado mixto

F O R J A D O

M I X T O

H60 — 0.7 mm
H60 — 0.8 mm
H60 — 1.0 mm
H60 — 1.2 mm





Definición de forjado mixto

Se entiende por forjado mixto un forjado en el que se utilizan chapas metálicas perfiladas como encofrado perdido, capaces de soportar el peso del hormigón fresco, las armaduras y las sobrecargas de construcción durante la fase de construcción. Posteriormente, las mismas chapas se combinan estructuralmente con el hormigón, constituyendo una parte, o incluso la totalidad, de la armadura de tracción.

El uso de forjados mixtos en los edificios ha aumentado exponencialmente en Europa en los últimos 20 años. Este aumento se debe en gran medida al alto rendimiento estructural y a la economía de la solución, paralelamente al desarrollo de la normalización europea para apoyar el diseño de estructuras mixtas de acero-hormigón.

Al tratarse de una solución relativamente reciente, es importante definir reglas de diseño, construcción y seguridad para apoyar su implantación en los edificios.


Las principales ventajas de utilizar esta solución son la facilidad de producción y montaje, así como no tener que emplear los encofrados tradicionales.


FELIZ presenta el perfil H60 como solución para su aplicación en forjado mixto. Con el fin de permitir el correcto dimensionamiento de forjados con este perfil, se llevaron a cabo diversos estudios estáticos y dinámicos que culminaron con el desarrollo de tablas de cálculo directo y una plataforma de productos en línea O FELIZ. El **Product Lab**[®], accesible en productlab.ofeliz.com, proporciona una herramienta que permite realizar el dimensionamiento estructural con productos O FELIZ y llevar a cabo todas las verificaciones de seguridad necesarias para su incorporación al proyecto.

O FELIZ seguirá promoviendo la investigación relacionada con el desarrollo de este tipo de soluciones estructurales.



Perfil H60 — 0,7 mm
Galvanizado
LIDL
Porto Salvo, Oeiras, Portugal

HORMIGÓN C20/25		H60 – 0.7 mm							Simplesmente apoyado 	
Vano	Altura del forjado [cm]									
[m]	10	12	14	16	18	20	22	24		
1.4	9.88	12.88	15.89	18.89	21.90	24.90	27.91	30.52		
1.6	8.45	11.02	13.60	16.17	18.74	21.32	23.89	26.12		
1.8	7.34	9.58	11.82	14.05	16.29	18.53	20.77	22.70		
2.0	6.46	8.42	10.39	12.36	14.33	16.30	18.27	19.96		
2.2	5.73	7.48	9.23	10.98	12.73	14.47	16.22	17.72		
2.4	5.13	6.69	8.26	9.82	11.39	12.95	14.52	15.86		
2.6	4.61	6.02	7.43	8.85	10.26	11.67	13.08	14.28		
2.8	3.98	5.20	6.42	7.64	8.86	10.08	11.30	12.51		
3.0	3.40	4.44	5.48	6.52	7.56	8.61	9.65	10.69		
3.2	2.91	3.80	4.70	5.59	6.49	7.38	8.28	9.17		
3.4	2.50	3.27	4.04	4.81	5.58	6.35	7.12	7.89		
3.6	2.15	2.82	3.48	4.15	4.81	5.48	6.14	6.81		
3.8	-	2.43	3.00	3.58	4.15	4.73	5.30	5.87		
4.0	-	2.09	2.59	3.08	3.58	4.07	4.57	5.07		
4.2	-	-	2.22	2.65	3.08	3.50	3.93	4.36		
4.4	-	-	-	2.27	2.64	3.00	3.37	3.74		
4.6	-	-	-	-	2.25	2.56	2.87	3.19		
4.8	-	-	-	-	-	2.17	2.43	2.70		
5.0	-	-	-	-	-	-	2.04	2.26		

HORMIGÓN C25/30		H60 – 0.7 mm							Simplesmente apoyado 	
Vano	Altura del forjado [cm]									
[m]	10	12	14	16	18	20	22	24		
1.4	11.22	14.64	18.05	21.46	24.88	28.29	31.70	34.68		
1.6	9.63	12.56	15.49	18.42	21.35	24.28	27.21	29.76		
1.8	8.39	10.94	13.50	16.05	18.61	21.16	23.72	25.93		
2.0	7.40	9.65	11.91	14.16	16.41	18.67	20.92	22.87		
2.2	6.59	8.59	10.60	12.61	14.62	16.63	18.64	20.37		
2.4	5.88	7.28	8.99	10.69	12.39	14.09	15.80	17.50		
2.6	5.27	6.13	7.56	9.00	10.43	11.87	13.31	14.74		
2.8	4.66	5.20	6.42	7.64	8.86	10.08	11.30	12.51		
3.0	4.05	4.44	5.48	6.52	7.56	8.61	9.65	10.69		
3.2	3.44	3.80	4.70	5.59	6.49	7.38	8.28	9.17		
3.4	2.83	3.27	4.04	4.81	5.58	6.35	7.12	7.89		
3.6	2.22	2.82	3.48	4.15	4.81	5.48	6.14	6.81		
3.8	-	2.43	3.00	3.58	4.15	4.73	5.30	5.87		
4.0	-	2.09	2.59	3.08	3.58	4.07	4.57	5.07		
4.2	-	-	2.22	2.65	3.08	3.50	3.93	4.36		
4.4	-	-	-	2.27	2.64	3.00	3.37	3.74		
4.6	-	-	-	-	2.25	2.56	2.87	3.19		
4.8	-	-	-	-	-	2.17	2.43	2.70		
5.0	-	-	-	-	-	-	2.04	2.26		

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

HORMIGÓN C30/37 H60 – 0.7 mm

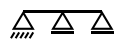
Simplesmente apoyado



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	12.44	16.22	20.00	23.78	27.57	31.35	35.13	38.43
1.6	10.69	13.95	17.20	20.45	23.71	26.96	30.21	33.05
1.8	9.34	12.18	15.02	17.86	20.70	23.54	26.38	28.85
2.0	8.14	10.62	13.10	15.58	18.06	20.54	23.02	25.50
2.2	6.70	8.74	10.78	12.82	14.86	16.91	18.95	20.99
2.4	5.58	7.28	8.99	10.69	12.39	14.09	15.80	17.50
2.6	4.69	6.13	7.56	9.00	10.43	11.87	13.31	14.74
2.8	3.98	5.20	6.42	7.64	8.86	10.08	11.30	12.51
3.0	3.40	4.44	5.48	6.52	7.56	8.61	9.65	10.69
3.2	2.91	3.80	4.70	5.59	6.49	7.38	8.28	9.17
3.4	2.50	3.27	4.04	4.81	5.58	6.35	7.12	7.89
3.6	2.15	2.82	3.48	4.15	4.81	5.48	6.14	6.81
3.8	-	2.43	3.00	3.58	4.15	4.73	5.30	5.87
4.0	-	2.09	2.59	3.08	3.58	4.07	4.57	5.07
4.2	-	-	2.22	2.65	3.08	3.50	3.93	4.36
4.4	-	-	-	2.27	2.64	3.00	3.37	3.74
4.6	-	-	-	-	2.25	2.56	2.87	3.19
4.8	-	-	-	-	-	2.17	2.43	2.70
5.0	-	-	-	-	-	-	2.04	2.26


HORMIGÓN C20/25 H60 – 0.7 mm

Continuo – 2 vanos




Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	8.72	11.37	14.02	16.67	19.32	21.97	24.62	26.86
1.6	7.48	9.72	11.95	14.19	16.43	18.77	21.00	22.93
1.8	6.45	8.37	10.40	12.33	14.26	16.18	18.21	19.93
2.0	5.72	7.34	9.06	10.78	12.50	14.22	15.94	17.45
2.2	5.00	6.51	8.03	9.54	11.05	12.57	14.08	15.39
2.4	4.48	5.79	7.20	8.51	9.92	11.22	12.63	13.73
2.6	4.07	5.27	6.48	7.68	8.88	10.09	11.29	12.39
2.8	3.66	4.76	5.86	6.85	7.95	9.05	10.15	11.15
3.0	3.24	4.24	5.13	6.13	7.13	8.12	9.12	10.01
3.2	2.73	3.62	4.41	5.20	6.09	6.88	7.78	8.57
3.4	-	3.10	3.79	4.48	5.16	5.95	6.64	7.33
3.6	-	2.59	3.27	3.86	4.44	5.02	5.71	6.29
3.8	-	2.28	2.76	3.34	3.82	4.30	4.88	5.36
4.0	-	-	2.34	2.82	3.30	3.68	4.16	4.64
4.2	-	-	2.03	2.41	2.79	3.16	3.54	3.92
4.4	-	-	-	-	2.37	2.65	3.02	3.30
4.6	-	-	-	-	-	2.23	2.51	2.78
4.8	-	-	-	-	-	-	2.09	2.37

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

HORMIGÓN C25/30 H60 – 0.7 mm Continuo – 2 vanos 

Vano	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	9.96	12.92	15.98	18.94	21.90	24.97	28.03	30.68
1.6	8.51	11.06	13.61	16.26	18.80	21.35	24.00	26.24
1.8	7.48	9.61	11.85	14.09	16.32	18.56	20.90	22.83
2.0	6.55	8.48	10.40	12.43	14.36	16.39	18.32	20.04
2.2	5.83	7.55	9.27	10.99	12.81	14.53	16.25	17.87
2.4	5.21	6.72	8.34	9.85	11.47	12.98	14.60	15.90
2.6	4.48	5.89	7.20	8.51	9.92	11.22	12.63	14.04
2.8	3.86	4.96	6.06	7.27	8.37	9.57	10.67	11.87
3.0	3.24	4.24	5.13	6.13	7.13	8.12	9.12	10.12
3.2	2.73	3.62	4.41	5.20	6.09	6.88	7.78	8.57
3.4	2.42	3.10	3.79	4.48	5.16	5.95	6.64	7.33
3.6	-	2.59	3.27	3.86	4.44	5.02	5.71	6.29
3.8	-	2.28	2.76	3.34	3.82	4.30	4.88	5.36
4.0	-	-	2.34	2.82	3.30	3.68	4.16	4.64
4.2	-	-	2.03	2.41	2.79	3.16	3.54	3.92
4.4	-	-	-	-	2.37	2.65	3.02	3.30
4.6	-	-	-	-	-	2.23	2.51	2.78
4.8	-	-	-	-	-	-	2.09	2.37

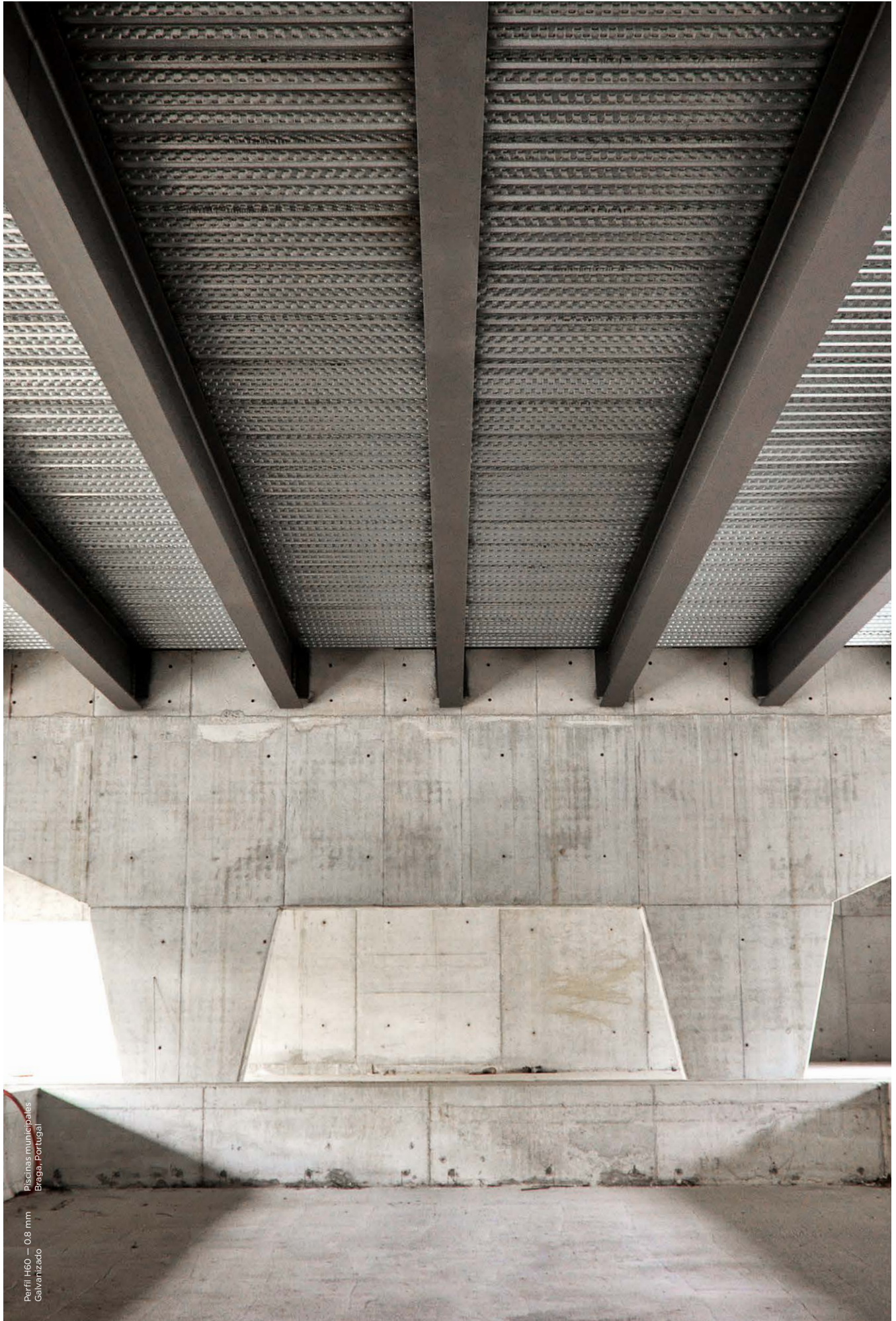
HORMIGÓN C30/37 H60 – 0.7 mm Continuo – 2 vanos 

Vano	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	11.10	14.37	17.74	21.01	24.38	27.76	31.13	34.09
1.6	9.55	12.40	15.16	18.12	20.97	23.83	26.69	29.23
1.8	8.31	10.75	13.30	15.74	18.29	20.73	23.28	25.51
2.0	7.27	9.51	11.64	13.88	16.12	18.35	20.49	22.41
2.2	6.45	8.37	10.30	12.33	14.26	16.18	18.21	20.04
2.4	5.41	7.03	8.54	10.16	11.78	13.50	15.11	16.73
2.6	4.48	5.89	7.20	8.61	9.92	11.33	12.63	14.04
2.8	3.86	4.96	6.06	7.27	8.37	9.57	10.67	11.87
3.0	3.24	4.24	5.13	6.13	7.13	8.12	9.12	10.12
3.2	2.73	3.62	4.41	5.30	6.09	6.88	7.78	8.57
3.4	2.42	3.10	3.79	4.48	5.16	5.95	6.64	7.33
3.6	-	2.69	3.27	3.86	4.44	5.13	5.71	6.29
3.8	-	2.28	2.76	3.34	3.82	4.40	4.88	5.47
4.0	-	-	2.34	2.82	3.30	3.68	4.16	4.64
4.2	-	-	2.03	2.41	2.79	3.16	3.54	3.92
4.4	-	-	-	-	2.37	2.65	3.02	3.40
4.6	-	-	-	-	-	2.23	2.51	2.78
4.8	-	-	-	-	-	-	2.09	2.37

Vano máximo sin apuntalamiento para chapas de 0.7 mm de espesor


Alt. Losa [cm]	10	12	14	16	18	20	22	24
Vano [m]	2.4	2.2	2.2	2.0	2.0	1.8	1.8	1.6

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación




Piscinas municipais
Braga, Portugal

Perfil H60 — 0,8 mm
Galvanizado

HORMIGÓN C20/25 H60 – 0.8 mm **Simplemente apoyado** 

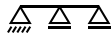
Vano	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	9.88	12.88	15.89	18.89	21.90	24.90	27.91	30.52
1.6	8.45	11.02	13.60	16.17	18.74	21.32	23.89	26.12
1.8	7.34	9.58	11.82	14.05	16.29	18.53	20.77	22.70
2.0	6.46	8.42	10.39	12.36	14.33	16.30	18.27	19.96
2.2	5.73	7.48	9.23	10.98	12.73	14.47	16.22	17.72
2.4	5.13	6.69	8.26	9.82	11.39	12.95	14.52	15.86
2.6	4.61	6.02	7.43	8.85	10.26	11.67	13.08	14.28
2.8	4.17	5.45	6.73	8.01	9.29	10.56	11.84	12.92
3.0	3.79	4.96	6.12	7.28	8.44	9.61	10.77	11.75
3.2	3.31	4.32	5.34	6.35	7.37	8.38	9.40	10.41
3.4	2.85	3.73	4.61	5.48	6.36	7.24	8.12	8.99
3.6	2.47	3.23	3.99	4.75	5.51	6.27	7.03	7.79
3.8	2.10	2.80	3.46	4.12	4.77	5.43	6.09	6.75
4.0	-	2.42	2.99	3.57	4.14	4.71	5.29	5.86
4.2	-	2.10	2.59	3.09	3.59	4.08	4.58	5.08
4.4	-	-	2.24	2.67	3.10	3.53	3.96	4.39
4.6	-	-	-	2.30	2.67	3.04	3.42	3.79
4.8	-	-	-	-	2.29	2.61	2.93	3.25
5.0	-	-	-	-	-	2.22	2.50	2.77
5.2	-	-	-	-	-	-	2.11	2.34

HORMIGÓN C25/30 H60 – 0.8 mm **Simplemente apoyado** 

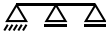
Vano	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	11.22	14.64	18.05	21.46	24.88	28.29	31.70	34.68
1.6	9.63	12.56	15.49	18.42	21.35	24.28	27.21	29.76
1.8	8.39	10.94	13.50	16.05	18.61	21.16	23.72	25.93
2.0	7.40	9.65	11.91	14.16	16.41	18.67	20.92	22.87
2.2	6.59	8.59	10.60	12.61	14.62	16.63	18.64	20.37
2.4	5.91	7.71	9.52	11.32	13.12	14.93	16.73	18.28
2.6	5.30	6.91	8.53	10.15	11.77	13.38	15.00	16.51
2.8	4.50	5.88	7.25	8.63	10.01	11.38	12.76	14.13
3.0	3.85	5.03	6.21	7.39	8.56	9.74	10.92	12.10
3.2	3.31	4.32	5.34	6.35	7.37	8.38	9.40	10.41
3.4	2.85	3.73	4.61	5.48	6.36	7.24	8.12	8.99
3.6	2.47	3.23	3.99	4.75	5.51	6.27	7.03	7.79
3.8	2.08	2.80	3.46	4.12	4.77	5.43	6.09	6.75
4.0	-	2.42	2.99	3.57	4.14	4.71	5.29	5.86
4.2	-	2.10	2.59	3.09	3.59	4.08	4.58	5.08
4.4	-	-	2.24	2.67	3.10	3.53	3.96	4.39
4.6	-	-	-	2.30	2.67	3.04	3.42	3.79
4.8	-	-	-	-	2.29	2.61	2.93	3.25
5.0	-	-	-	-	-	2.22	2.50	2.77
5.2	-	-	-	-	-	-	2.11	2.34

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

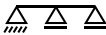
HORMIGÓN C30/37		H60 – 0.8 mm							Simplesmente apoyado 	
Vano	Altura del forjado [cm]									
[m]	10	12	14	16	18	20	22	24		
1.4	12.44	16.22	20.00	23.78	27.57	31.35	35.13	38.43		
1.6	10.69	13.95	17.20	20.45	23.71	26.96	30.21	33.05		
1.8	9.34	12.18	15.02	17.86	20.70	23.54	26.38	28.85		
2.0	8.25	10.76	13.27	15.79	18.30	20.81	23.32	25.50		
2.2	7.36	9.60	11.85	14.09	16.33	18.58	20.82	22.76		
2.4	6.29	8.20	10.12	12.04	13.95	15.87	17.79	19.71		
2.6	5.30	6.91	8.53	10.15	11.77	13.38	15.00	16.62		
2.8	4.50	5.88	7.25	8.63	10.01	11.38	12.76	14.13		
3.0	3.85	5.03	6.21	7.39	8.56	9.74	10.92	12.10		
3.2	3.31	4.32	5.34	6.35	7.37	8.38	9.40	10.41		
3.4	2.85	3.73	4.61	5.48	6.36	7.24	8.12	8.99		
3.6	2.47	3.23	3.99	4.75	5.51	6.27	7.03	7.79		
3.8	2.14	2.80	3.46	4.12	4.77	5.43	6.09	6.75		
4.0	-	2.42	2.99	3.57	4.14	4.71	5.29	5.86		
4.2	-	2.10	2.59	3.09	3.59	4.08	4.58	5.08		
4.4	-	-	2.24	2.67	3.10	3.53	3.96	4.39		
4.6	-	-	-	2.30	2.67	3.04	3.42	3.79		
4.8	-	-	-	-	2.29	2.61	2.93	3.25		
5.0	-	-	-	-	-	2.22	2.50	2.77		
5.2	-	-	-	-	-	-	2.11	2.34		

HORMIGÓN C20/25		H60 – 0.8 mm							Continuo – 2 vanos 	
Vano	Altura del forjado [cm]									
[m]	10	12	14	16	18	20	22	24		
1.4	8.82	11.37	14.02	16.67	19.32	21.97	24.72	26.96		
1.6	7.48	9.72	11.95	14.29	16.53	18.77	21.11	23.03		
1.8	6.55	8.48	10.40	12.33	14.36	16.29	18.32	19.93		
2.0	5.72	7.44	9.16	10.88	12.60	14.32	16.04	17.56		
2.2	5.10	6.62	8.13	9.64	11.16	12.67	14.18	15.49		
2.4	4.48	5.89	7.20	8.61	9.92	11.33	12.63	13.84		
2.6	4.07	5.27	6.48	7.68	8.88	10.09	11.39	12.39		
2.8	3.66	4.76	5.86	6.96	8.06	9.16	10.26	11.15		
3.0	3.35	4.34	5.34	6.23	7.23	8.33	9.33	10.12		
3.2	3.02	3.93	4.82	5.72	6.61	7.50	8.40	9.19		
3.4	2.15	3.52	4.41	5.20	5.99	6.78	7.67	8.36		
3.6	-	3.10	3.79	4.48	5.16	5.85	6.64	7.33		
3.8	-	2.59	3.27	3.86	4.44	5.02	5.71	6.29		
4.0	-	-	2.76	3.34	3.82	4.40	4.88	5.47		
4.2	-	-	2.45	2.82	3.30	3.78	4.26	4.64		
4.4	-	-	2.03	2.41	2.79	3.27	3.64	4.02		
4.6	-	-	-	2.10	2.37	2.75	3.13	3.40		
4.8	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.88		
5.0	-	-	-	-	-	-	2.20	2.47		
5.2	-	-	-	-	-	-	-	2.06		

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

HORMIGÓN C25/30 H60 – 0.8 mm Continuo – 2 vanos 

Vano	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	9.96	13.02	15.98	18.94	22.01	24.97	28.03	30.68
1.6	8.62	11.16	13.71	16.26	18.80	21.45	24.00	26.24
1.8	7.48	9.72	11.85	14.09	16.43	18.66	20.90	22.83
2.0	6.55	8.48	10.51	12.43	14.36	16.39	18.42	20.14
2.2	5.83	7.55	9.27	11.09	12.81	14.53	16.35	17.87
2.4	5.21	6.72	8.34	9.85	11.47	13.08	14.60	16.01
2.6	4.69	6.10	7.51	8.92	10.33	11.74	13.15	14.35
2.8	4.28	5.48	6.79	8.09	9.40	10.60	11.91	13.01
3.0	3.66	4.76	5.86	7.06	8.16	9.26	10.36	11.46
3.2	3.14	4.14	5.03	6.03	6.92	7.92	8.91	9.81
3.4	2.64	3.52	4.31	5.20	5.99	6.78	7.67	8.46
3.6	-	3.00	3.79	4.48	5.16	5.85	6.54	7.33
3.8	-	2.59	3.27	3.86	4.44	5.02	5.71	6.29
4.0	-	2.28	2.76	3.34	3.82	4.40	4.88	5.47
4.2	-	-	2.45	2.82	3.30	3.78	4.16	4.64
4.4	-	-	2.03	2.41	2.79	3.27	3.64	4.02
4.6	-	-	-	2.10	2.37	2.75	3.13	3.40
4.8	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.88
5.0	-	-	-	-	-	-	2.20	2.47
5.2	-	-	-	-	-	-	-	2.06

HORMIGÓN C30/37 H60 – 0.8 mm Continuo – 2 vanos 

Vano	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	11.10	14.47	17.74	21.11	24.38	27.76	31.13	34.09
1.6	9.55	12.40	15.26	18.12	20.97	23.83	26.79	29.23
1.8	8.31	10.75	13.30	15.74	18.29	20.83	23.28	25.51
2.0	7.38	9.51	11.75	13.88	16.12	18.35	20.59	22.52
2.2	6.55	8.48	10.40	12.43	14.36	16.29	18.32	20.04
2.4	5.83	7.65	9.37	11.09	12.91	14.63	16.46	17.97
2.6	5.10	6.62	8.23	9.75	11.26	12.77	14.39	15.90
2.8	4.38	5.69	6.89	8.20	9.50	10.81	12.22	13.53
3.0	3.76	4.86	5.96	7.06	8.16	9.26	10.36	11.56
3.2	3.14	4.14	5.03	6.03	7.02	7.92	8.91	9.91
3.4	2.73	3.52	4.41	5.20	5.99	6.78	7.67	8.46
3.6	2.06	3.10	3.79	4.48	5.16	5.85	6.64	7.33
3.8	-	2.59	3.27	3.86	4.44	5.02	5.71	6.29
4.0	-	2.28	2.76	3.34	3.82	4.40	4.88	5.47
4.2	-	-	2.45	2.82	3.30	3.78	4.26	4.64
4.4	-	-	2.03	2.41	2.79	3.27	3.64	4.02
4.6	-	-	-	2.10	2.37	2.75	3.13	3.40
4.8	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.88
5.0	-	-	-	-	-	-	2.20	2.47
5.2	-	-	-	-	-	-	-	2.06

Vano máximo sin apuntalamiento para chapas de 0.8 mm de espesor

Alt. Losa [cm]	10	12	14	16	18	20	22	24
Vano [m]	2.6	2.4	2.2	2.2	2.0	2.0	1.8	1.8

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación



Perfil H60 — 10 mm
Galvanizado

Parque Urbano Norte
Braga, Portugal

HORMIGÓN C20/25 H60 – 1.0 mm

Simplemente apoyado



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	9.88	12.88	15.89	18.89	21.90	24.90	27.91	30.52
1.6	8.45	11.02	13.60	16.17	18.74	21.32	23.89	26.12
1.8	7.34	9.58	11.82	14.05	16.29	18.53	20.77	22.70
2.0	6.46	8.42	10.39	12.36	14.33	16.30	18.27	19.96
2.2	5.73	7.48	9.23	10.98	12.73	14.47	16.22	17.72
2.4	5.13	6.69	8.26	9.82	11.39	12.95	14.52	15.86
2.6	4.61	6.02	7.43	8.85	10.26	11.67	13.08	14.28
2.8	4.17	5.45	6.73	8.01	9.29	10.56	11.84	12.92
3.0	3.79	4.96	6.12	7.28	8.44	9.61	10.77	11.75
3.2	3.46	4.52	5.59	6.65	7.71	8.77	9.83	10.72
3.4	3.17	4.14	5.11	6.09	7.06	8.03	9.01	9.82
3.6	2.91	3.80	4.70	5.59	6.48	7.38	8.27	9.01
3.8	2.38	3.50	4.32	5.14	5.97	6.79	7.61	8.29
4.0	-	3.06	3.78	4.50	5.22	5.95	6.67	7.39
4.2	-	2.68	3.31	3.94	4.57	5.20	5.83	6.47
4.4	-	2.19	2.89	3.44	4.00	4.55	5.10	5.66
4.6	-	-	2.52	3.01	3.49	3.98	4.46	4.94
4.8	-	-	2.20	2.62	3.04	3.47	3.89	4.31
5.0	-	-	-	2.28	2.64	3.01	3.38	3.75
5.2	-	-	-	-	2.29	2.60	2.92	3.24
5.4	-	-	-	-	-	2.24	2.51	2.79
5.6	-	-	-	-	-	-	2.14	2.38
5.8	-	-	-	-	-	-	-	2.00

HORMIGÓN C25/30 H60 – 1.0 mm

Simplemente apoyado



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	11.22	14.64	18.05	21.46	24.88	28.29	31.70	34.68
1.6	9.63	12.56	15.49	18.42	21.35	24.28	27.21	29.76
1.8	8.39	10.94	13.50	16.05	18.61	21.16	23.72	25.93
2.0	7.40	9.65	11.91	14.16	16.41	18.67	20.92	22.87
2.2	6.59	8.59	10.60	12.61	14.62	16.63	18.64	20.37
2.4	5.91	7.71	9.52	11.32	13.12	14.93	16.73	18.28
2.6	5.34	6.97	8.60	10.23	11.86	13.49	15.12	16.51
2.8	4.85	6.33	7.81	9.29	10.77	12.26	13.74	15.00
3.0	4.42	5.78	7.13	8.48	9.83	11.19	12.54	13.69
3.2	4.05	5.29	6.53	7.77	9.01	10.25	11.49	12.54
3.4	3.53	4.61	5.70	6.78	7.86	8.94	10.03	11.11
3.6	3.07	4.01	4.96	5.90	6.85	7.79	8.73	9.68
3.8	2.46	3.50	4.33	5.15	5.98	6.80	7.62	8.45
4.0	-	3.06	3.78	4.50	5.22	5.95	6.67	7.39
4.2	-	2.68	3.31	3.94	4.57	5.20	5.83	6.47
4.4	-	2.28	2.89	3.44	4.00	4.55	5.10	5.66
4.6	-	-	2.52	3.01	3.49	3.98	4.46	4.94
4.8	-	-	2.20	2.62	3.04	3.47	3.89	4.31
5.0	-	-	-	2.28	2.64	3.01	3.38	3.75
5.2	-	-	-	-	2.29	2.60	2.92	3.24
5.4	-	-	-	-	-	2.24	2.51	2.79
5.6	-	-	-	-	-	-	2.14	2.38
5.8	-	-	-	-	-	-	-	2.00

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

HORMIGÓN C30/37 H60 – 1.0 mm

Simplemente apoyado



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	12.44	16.22	20.00	23.78	27.57	31.35	35.13	38.43
1.6	10.69	13.95	17.20	20.45	23.71	26.96	30.21	33.05
1.8	9.34	12.18	15.02	17.86	20.70	23.54	26.38	28.85
2.0	8.25	10.76	13.27	15.79	18.30	20.81	23.32	25.50
2.2	7.36	9.60	11.85	14.09	16.33	18.58	20.82	22.76
2.4	6.62	8.64	10.66	12.68	14.69	16.71	18.73	20.47
2.6	5.99	7.82	9.65	11.48	13.31	15.14	16.97	18.54
2.8	5.46	7.12	8.79	10.45	12.12	13.79	15.45	16.88
3.0	4.72	6.16	7.60	9.05	10.49	11.93	13.38	14.82
3.2	4.07	5.32	6.57	7.81	9.06	10.31	11.55	12.80
3.4	3.53	4.61	5.70	6.78	7.86	8.94	10.03	11.11
3.6	3.07	4.01	4.96	5.90	6.85	7.79	8.73	9.68
3.8	2.61	3.50	4.33	5.15	5.98	6.80	7.62	8.45
4.0	-	3.06	3.78	4.50	5.22	5.95	6.67	7.39
4.2	-	2.68	3.31	3.94	4.57	5.20	5.83	6.47
4.4	-	2.34	2.89	3.44	4.00	4.55	5.10	5.66
4.6	-	-	2.52	3.01	3.49	3.98	4.46	4.94
4.8	-	-	2.20	2.62	3.04	3.47	3.89	4.31
5.0	-	-	-	2.28	2.64	3.01	3.38	3.75
5.2	-	-	-	-	2.29	2.60	2.92	3.24
5.4	-	-	-	-	-	2.24	2.51	2.79
5.6	-	-	-	-	-	-	2.14	2.38
5.8	-	-	-	-	-	-	-	2.00

HORMIGÓN C20/25 H60 – 1.0 mm

Continuo – 2 vanos



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	8.82	11.47	14.02	16.67	19.32	22.07	24.72	27.06
1.6	7.48	9.72	12.06	14.29	16.53	18.77	21.11	23.03
1.8	6.55	8.48	10.40	12.33	14.36	16.29	18.32	19.93
2.0	5.72	7.44	9.16	10.88	12.60	14.32	16.04	17.56
2.2	5.10	6.62	8.13	9.64	11.16	12.67	14.18	15.49
2.4	4.48	5.89	7.20	8.61	9.92	11.33	12.63	13.84
2.6	4.07	5.27	6.48	7.68	8.88	10.19	11.39	12.39
2.8	3.66	4.76	5.86	6.96	8.06	9.16	10.26	11.15
3.0	3.35	4.34	5.34	6.34	7.33	8.33	9.33	10.12
3.2	3.04	3.93	4.82	5.72	6.61	7.50	8.50	9.19
3.4	2.73	3.62	4.41	5.20	6.09	6.88	7.67	8.36
3.6	2.18	3.31	4.00	4.79	5.58	6.26	7.05	7.64
3.8	-	3.00	3.69	4.37	5.06	5.75	6.43	7.02
4.0	-	2.76	3.38	3.96	4.65	5.33	5.92	6.40
4.2	-	2.10	3.07	3.65	4.23	4.82	5.40	5.88
4.4	-	-	2.65	3.24	3.72	4.20	4.78	5.26
4.6	-	-	-	2.82	3.20	3.68	4.16	4.54
4.8	-	-	-	2.41	2.79	3.16	3.54	4.02
5.0	-	-	-	2.10	2.37	2.75	3.13	3.40
5.2	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.88
5.4	-	-	-	-	-	2.03	2.20	2.47
5.6	-	-	-	-	-	-	-	2.06

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

HORMIGÓN C25/30 H60 – 1.0 mm

Continuo – 2 vanos



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	10.06	13.02	15.98	19.05	22.01	25.07	28.13	30.78
1.6	8.62	11.16	13.71	16.26	18.91	21.45	24.10	26.34
1.8	7.48	9.72	11.95	14.19	16.43	18.66	20.90	22.93
2.0	6.55	8.58	10.51	12.43	14.46	16.39	18.42	20.14
2.2	5.83	7.55	9.37	11.09	12.81	14.63	16.35	17.87
2.4	5.21	6.82	8.34	9.95	11.47	13.08	14.70	16.01
2.6	4.69	6.10	7.51	8.92	10.33	11.74	13.25	14.46
2.8	4.28	5.58	6.79	8.09	9.40	10.71	12.01	13.11
3.0	3.86	5.07	6.17	7.37	8.57	9.67	10.88	11.87
3.2	3.55	4.65	5.65	6.75	7.85	8.85	9.95	10.84
3.4	2.98	4.24	5.24	6.13	7.13	8.12	9.12	9.91
3.6	2.24	3.83	4.72	5.61	6.51	7.40	8.29	9.19
3.8	-	3.31	4.10	4.89	5.68	6.47	7.26	8.05
4.0	-	2.84	3.58	4.27	4.96	5.64	6.33	7.02
4.2	-	2.16	3.17	3.75	4.34	4.92	5.50	6.09
4.4	-	-	2.76	3.24	3.72	4.30	4.78	5.26
4.6	-	-	2.34	2.82	3.20	3.68	4.16	4.64
4.8	-	-	-	2.41	2.79	3.16	3.54	4.02
5.0	-	-	-	2.10	2.37	2.75	3.13	3.40
5.2	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.99
5.4	-	-	-	-	-	2.03	2.30	2.47
5.6	-	-	-	-	-	-	-	2.06

HORMIGÓN C30/37 H60 – 1.0 mm

Continuo – 2 vanos

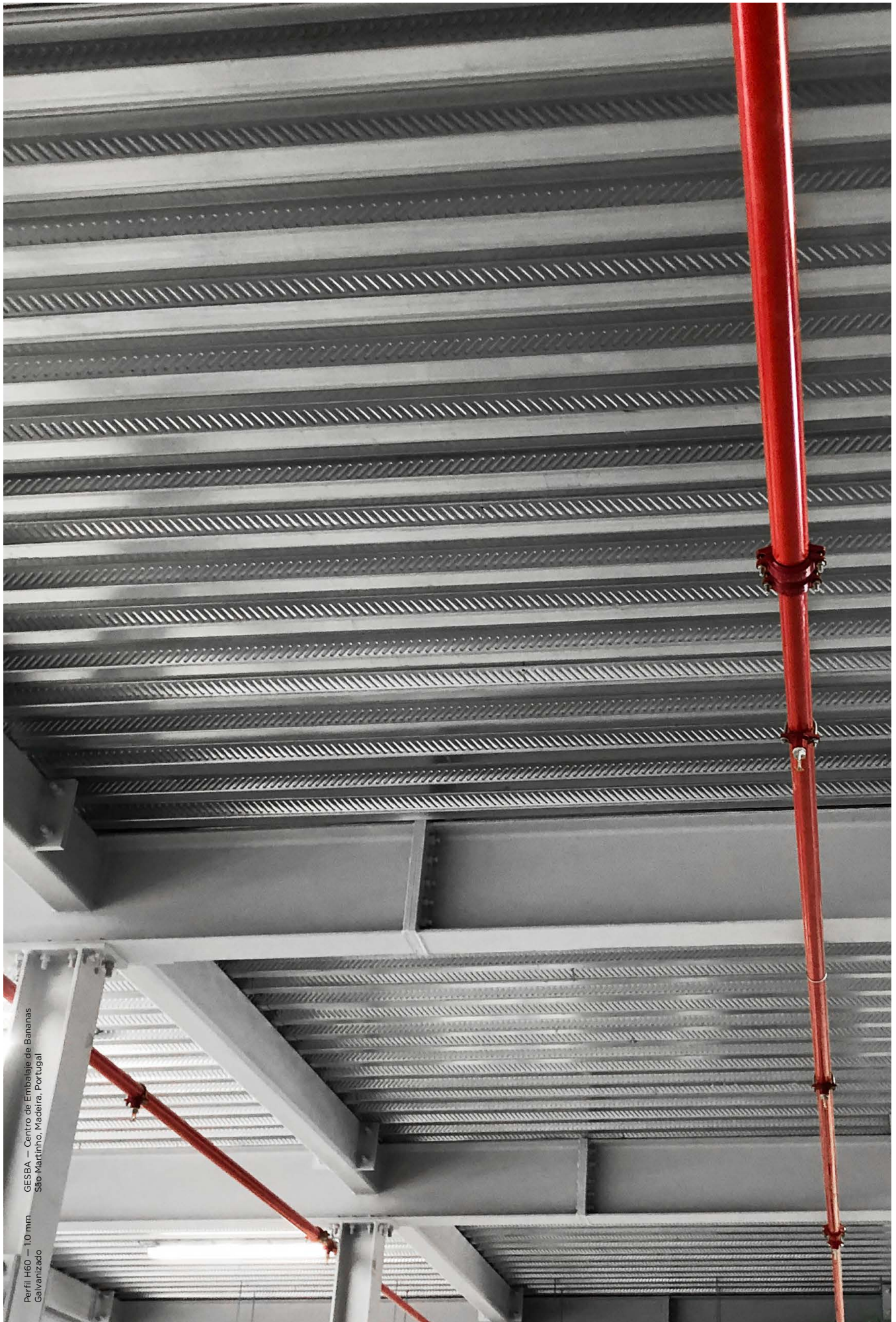


Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	11.10	14.47	17.84	21.11	24.49	27.86	31.23	34.19
1.6	9.55	12.40	15.26	18.12	21.08	23.93	26.79	29.34
1.8	8.31	10.85	13.30	15.84	18.29	20.83	23.38	25.51
2.0	7.38	9.51	11.75	13.98	16.12	18.35	20.59	22.52
2.2	6.55	8.48	10.51	12.43	14.36	16.39	18.32	20.04
2.4	5.93	7.65	9.37	11.19	12.91	14.74	16.46	17.97
2.6	5.31	6.93	8.44	10.06	11.67	13.29	14.91	16.32
2.8	4.79	6.31	7.72	9.13	10.64	12.05	13.56	14.77
3.0	4.38	5.69	6.99	8.40	9.71	11.02	12.32	13.53
3.2	3.97	5.17	6.27	7.47	8.68	9.88	11.08	12.29
3.4	3.11	4.45	5.44	6.44	7.54	8.54	9.53	10.63
3.6	2.35	3.83	4.72	5.61	6.51	7.40	8.29	9.19
3.8	-	3.31	4.10	4.89	5.68	6.47	7.26	8.05
4.0	-	2.90	3.58	4.27	4.96	5.64	6.33	7.02
4.2	-	2.29	3.17	3.75	4.34	4.92	5.50	6.09
4.4	-	-	2.76	3.24	3.72	4.30	4.78	5.26
4.6	-	-	2.34	2.82	3.30	3.68	4.16	4.64
4.8	-	-	2.03	2.41	2.79	3.16	3.64	4.02
5.0	-	-	-	2.10	2.48	2.75	3.13	3.40
5.2	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.99
5.4	-	-	-	-	-	2.03	2.30	2.47
5.6	-	-	-	-	-	-	-	2.06

Vano máximo sin apuntalamiento para chapas de 1.0 mm de espesor

Alt. Losa [cm]	10	12	14	16	18	20	22	24
Vano [m]	2.8	2.6	2.4	2.4	2.2	2.2	2.0	2.0

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación



GESBA — Centro de Embalaje de Bananas
São Martinho, Madeira, Portugal

Perfil H60 — 10 mm
Galvanizado

HORMIGÓN C20/25 H60 – 1.2 mm

Simplesmente apoyado



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	9.88	12.88	15.89	18.89	21.90	24.90	27.91	30.52
1.6	8.45	11.02	13.60	16.17	18.74	21.32	23.89	26.12
1.8	7.34	9.58	11.82	14.05	16.29	18.53	20.77	22.70
2.0	6.46	8.42	10.39	12.36	14.33	16.30	18.27	19.96
2.2	5.73	7.48	9.23	10.98	12.73	14.47	16.22	17.72
2.4	5.13	6.69	8.26	9.82	11.39	12.95	14.52	15.86
2.6	4.61	6.02	7.43	8.85	10.26	11.67	13.08	14.28
2.8	4.17	5.45	6.73	8.01	9.29	10.56	11.84	12.92
3.0	3.79	4.96	6.12	7.28	8.44	9.61	10.77	11.75
3.2	3.46	4.52	5.59	6.65	7.71	8.77	9.83	10.72
3.4	3.17	4.14	5.11	6.09	7.06	8.03	9.01	9.82
3.6	2.91	3.80	4.70	5.59	6.48	7.38	8.27	9.01
3.8	2.67	3.50	4.32	5.14	5.97	6.79	7.61	8.29
4.0	2.10	3.22	3.98	4.74	5.50	6.26	7.02	7.64
4.2	-	2.98	3.68	4.38	5.08	5.78	6.49	7.06
4.4	-	2.55	3.40	4.05	4.70	5.35	6.00	6.52
4.6	-	-	3.12	3.71	4.31	4.90	5.50	6.04
4.8	-	-	2.74	3.27	3.79	4.32	4.84	5.37
5.0	-	-	2.34	2.87	3.34	3.80	4.26	4.72
5.2	-	-	-	2.52	2.92	3.33	3.74	4.14
5.4	-	-	-	2.20	2.56	2.91	3.27	3.62
5.6	-	-	-	-	2.22	2.53	2.84	3.15
5.8	-	-	-	-	-	2.19	2.46	2.73
6.0	-	-	-	-	-	-	2.11	2.34

HORMIGÓN C25/30 H60 – 1.2 mm

Simplesmente apoyado



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	11.22	14.64	18.05	21.46	24.88	28.29	31.70	34.68
1.6	9.63	12.56	15.49	18.42	21.35	24.28	27.21	29.76
1.8	8.39	10.94	13.50	16.05	18.61	21.16	23.72	25.93
2.0	7.40	9.65	11.91	14.16	16.41	18.67	20.92	22.87
2.2	6.59	8.59	10.60	12.61	14.62	16.63	18.64	20.37
2.4	5.91	7.71	9.52	11.32	13.12	14.93	16.73	18.28
2.6	5.34	6.97	8.60	10.23	11.86	13.49	15.12	16.51
2.8	4.85	6.33	7.81	9.29	10.77	12.26	13.74	15.00
3.0	4.42	5.78	7.13	8.48	9.83	11.19	12.54	13.69
3.2	4.05	5.29	6.53	7.77	9.01	10.25	11.49	12.54
3.4	3.72	4.86	6.00	7.15	8.29	9.43	10.57	11.53
3.6	3.43	4.48	5.54	6.59	7.64	8.69	9.75	10.63
3.8	2.81	4.14	5.12	6.09	7.06	8.04	9.01	9.82
4.0	2.17	3.70	4.57	5.43	6.30	7.17	8.04	8.91
4.2	-	3.25	4.02	4.78	5.55	6.32	7.08	7.85
4.4	-	2.64	3.54	4.21	4.89	5.56	6.24	6.92
4.6	-	2.04	3.12	3.71	4.31	4.90	5.50	6.10
4.8	-	-	2.74	3.27	3.79	4.32	4.84	5.37
5.0	-	-	2.41	2.87	3.34	3.80	4.26	4.72
5.2	-	-	-	2.52	2.92	3.33	3.74	4.14
5.4	-	-	-	2.20	2.56	2.91	3.27	3.62
5.6	-	-	-	-	2.22	2.53	2.84	3.15
5.8	-	-	-	-	-	2.19	2.46	2.73
6.0	-	-	-	-	-	-	2.11	2.34

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

HORMIGÓN C30/37 H60 – 1.2 mm

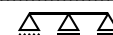
Simplesmente apoyado



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	12.44	16.22	20.00	23.78	27.57	31.35	35.13	38.43
1.6	10.69	13.95	17.20	20.45	23.71	26.96	30.21	33.05
1.8	9.34	12.18	15.02	17.86	20.70	23.54	26.38	28.85
2.0	8.25	10.76	13.27	15.79	18.30	20.81	23.32	25.50
2.2	7.36	9.60	11.85	14.09	16.33	18.58	20.82	22.76
2.4	6.62	8.64	10.66	12.68	14.69	16.71	18.73	20.47
2.6	5.99	7.82	9.65	11.48	13.31	15.14	16.97	18.54
2.8	5.46	7.12	8.79	10.45	12.12	13.79	15.45	16.88
3.0	4.99	6.52	8.04	9.57	11.09	12.62	14.14	15.44
3.2	4.58	5.98	7.39	8.79	10.19	11.59	12.99	14.18
3.4	4.21	5.49	6.78	8.07	9.36	10.64	11.93	13.07
3.6	3.67	4.80	5.93	7.05	8.18	9.30	10.43	11.56
3.8	2.97	4.21	5.20	6.18	7.17	8.16	9.15	10.14
4.0	2.31	3.70	4.57	5.43	6.30	7.17	8.04	8.91
4.2	-	3.25	4.02	4.78	5.55	6.32	7.08	7.85
4.4	-	2.82	3.54	4.21	4.89	5.56	6.24	6.92
4.6	-	2.20	3.12	3.71	4.31	4.90	5.50	6.10
4.8	-	-	2.74	3.27	3.79	4.32	4.84	5.37
5.0	-	-	2.41	2.87	3.34	3.80	4.26	4.72
5.2	-	-	2.04	2.52	2.92	3.33	3.74	4.14
5.4	-	-	-	2.20	2.56	2.91	3.27	3.62
5.6	-	-	-	-	2.22	2.53	2.84	3.15
5.8	-	-	-	-	-	2.19	2.46	2.73
6.0	-	-	-	-	-	-	2.11	2.34

HORMIGÓN C20/25 H60 – 1.2 mm

Continuo – 2 vanos



Vano [m]	Altura del forjado [cm]							
	10	12	14	16	18	20	22	24
1.4	8.82	11.47	14.12	16.77	19.42	22.07	24.72	27.06
1.6	7.58	9.82	12.06	14.29	16.53	18.87	21.11	23.14
1.8	6.55	8.48	10.40	12.43	14.36	16.39	18.32	20.04
2.0	5.72	7.44	9.16	10.88	12.60	14.32	16.04	17.56
2.2	5.10	6.62	8.13	9.64	11.16	12.67	14.18	15.59
2.4	4.48	5.89	7.20	8.61	9.92	11.33	12.74	13.84
2.6	4.07	5.27	6.48	7.68	8.99	10.19	11.39	12.39
2.8	3.66	4.76	5.86	6.96	8.06	9.16	10.26	11.25
3.0	3.35	4.34	5.34	6.34	7.33	8.33	9.33	10.12
3.2	3.04	3.93	4.82	5.72	6.61	7.61	8.50	9.29
3.4	2.73	3.62	4.41	5.20	6.09	6.88	7.78	8.46
3.6	2.44	3.31	4.00	4.79	5.58	6.26	7.05	7.74
3.8	-	3.00	3.69	4.37	5.06	5.75	6.43	7.02
4.0	-	2.79	3.38	4.06	4.65	5.33	5.92	6.50
4.2	-	2.36	3.07	3.65	4.23	4.92	5.50	5.98
4.4	-	-	2.86	3.44	3.92	4.51	4.99	5.47
4.6	-	-	2.65	3.13	3.61	4.09	4.68	5.05
4.8	-	-	2.11	2.93	3.30	3.78	4.26	4.64
5.0	-	-	-	2.62	3.10	3.47	3.95	4.23
5.2	-	-	-	2.31	2.68	3.06	3.44	3.81
5.4	-	-	-	-	2.37	2.65	3.02	3.30
5.6	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.88
5.8	-	-	-	-	-	2.03	2.20	2.47
6.0	-	-	-	-	-	-	-	2.06

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

HORMIGÓN C25/30		H60 – 1.2 mm							Continuo – 2 vanos		
Vano	Altura del forjado [cm]										
[m]	10	12	14	16	18	20	22	24			
1.4	10.06	13.02	16.09	19.05	22.11	25.17	28.13	30.78			
1.6	8.62	11.16	13.71	16.36	18.91	21.56	24.10	26.44			
1.8	7.48	9.72	11.95	14.19	16.43	18.77	21.00	22.93			
2.0	6.55	8.58	10.51	12.54	14.46	16.49	18.42	20.24			
2.2	5.83	7.65	9.37	11.09	12.91	14.63	16.46	17.97			
2.4	5.21	6.82	8.34	9.95	11.57	13.08	14.70	16.01			
2.6	4.69	6.10	7.51	8.92	10.43	11.84	13.25	14.46			
2.8	4.28	5.58	6.89	8.09	9.40	10.71	12.01	13.11			
3.0	3.86	5.07	6.27	7.37	8.57	9.78	10.88	11.87			
3.2	3.55	4.65	5.65	6.75	7.85	8.95	9.95	10.84			
3.4	3.24	4.24	5.24	6.23	7.13	8.12	9.12	10.01			
3.6	2.50	3.93	4.82	5.72	6.61	7.50	8.40	9.19			
3.8	2.10	3.62	4.41	5.20	6.09	6.88	7.78	8.46			
4.0	-	3.15	4.10	4.79	5.58	6.37	7.16	7.74			
4.2	-	2.43	3.79	4.48	5.16	5.85	6.64	7.22			
4.4	-	-	3.38	3.96	4.65	5.23	5.92	6.60			
4.6	-	-	2.84	3.55	4.03	4.61	5.19	5.78			
4.8	-	-	2.19	3.13	3.61	4.09	4.57	5.05			
5.0	-	-	-	2.72	3.10	3.58	3.95	4.43			
5.2	-	-	-	2.31	2.68	3.06	3.44	3.81			
5.4	-	-	-	-	2.37	2.65	3.02	3.30			
5.6	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.88			
5.8	-	-	-	-	-	2.03	2.20	2.47			
6.0	-	-	-	-	-	-	-	2.06			

HORMIGÓN C30/37		H60 – 1.2 mm							Continuo – 2 vanos		
Vano	Altura del forjado [cm]										
[m]	10	12	14	16	18	20	22	24			
1.4	11.20	14.47	17.84	21.22	24.59	27.96	31.34	34.30			
1.6	9.55	12.40	15.26	18.22	21.08	23.93	26.89	29.44			
1.8	8.31	10.85	13.30	15.84	18.39	20.94	23.38	25.62			
2.0	7.38	9.61	11.75	13.98	16.22	18.46	20.69	22.62			
2.2	6.55	8.48	10.51	12.43	14.46	16.39	18.42	20.14			
2.4	5.93	7.65	9.37	11.19	12.91	14.74	16.56	18.07			
2.6	5.31	6.93	8.54	10.06	11.67	13.29	14.91	16.32			
2.8	4.79	6.31	7.72	9.23	10.64	12.05	13.56	14.77			
3.0	4.38	5.69	7.10	8.40	9.71	11.02	12.43	13.53			
3.2	4.07	5.27	6.48	7.68	8.88	10.09	11.39	12.39			
3.4	3.43	4.86	5.96	7.06	8.16	9.26	10.46	11.36			
3.6	2.62	4.45	5.44	6.54	7.54	8.54	9.64	10.53			
3.8	-	4.03	5.03	5.92	6.92	7.81	8.81	9.70			
4.0	-	3.30	4.41	5.20	5.99	6.88	7.67	8.57			
4.2	-	2.56	3.89	4.58	5.27	6.06	6.74	7.53			
4.4	-	-	3.38	4.06	4.65	5.33	5.92	6.60			
4.6	-	-	2.96	3.55	4.13	4.61	5.19	5.78			
4.8	-	-	2.33	3.13	3.61	4.09	4.57	5.05			
5.0	-	-	-	2.72	3.10	3.58	3.95	4.43			
5.2	-	-	-	2.31	2.68	3.06	3.44	3.81			
5.4	-	-	-	-	2.37	2.65	3.02	3.40			
5.6	-	-	-	-	2.06	2.34	2.61	2.88			
5.8	-	-	-	-	-	2.03	2.20	2.47			
6.0	-	-	-	-	-	-	-	2.06			

Vano máximo sin apuntalamiento para chapas de 1.2 mm de espesor

Alt. Losa [cm]	10	12	14	16	18	20	22	24
Vano [m]	3.0	2.8	2.6	2.4	2.4	2.2	2.2	2.2

○ Esfuerzo de corte vertical ○ Esfuerzo de corte longitudinal ● Deformación

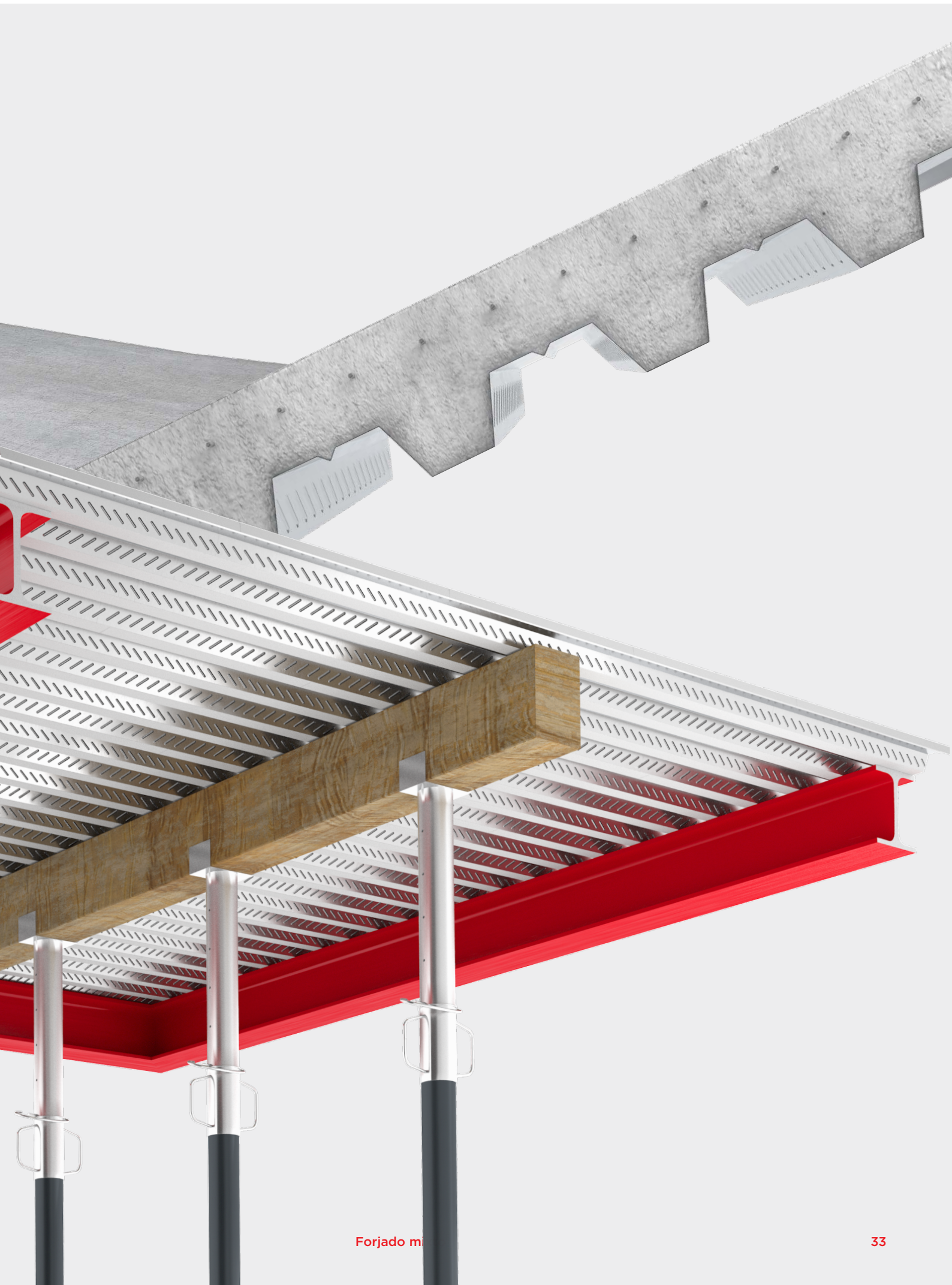
DETALLES DE LA CONSTRUCCIÓN

En esta sección se presentan disposiciones reglamentarias de construcción, recomendaciones de seguridad y reglas de buena construcción.

La norma NP EN 1994-1-1 impone algunos requisitos dimensionales para la aplicación de las reglas de dimensionamiento que contiene.

Altura del forjado
Dimensiones de los inertes
Armaduras ordinarias
Chapa en los apoyos
Chapa en obra
Posicionamiento de las chapas
Fijación de las chapas
Apuntalamiento de construcción
Remate de moldura
Colocación de conectores
Hormigonado del forjado



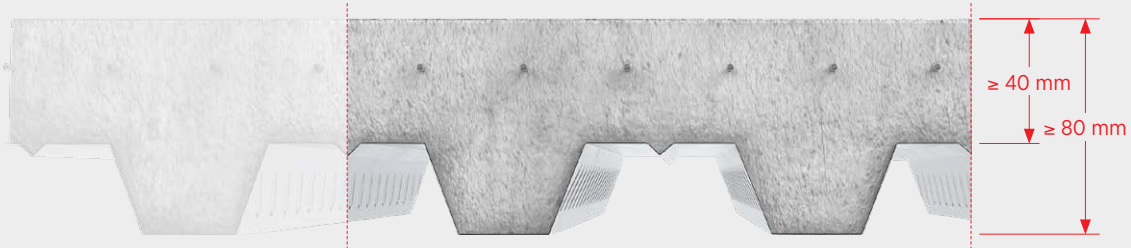


Disposiciones reglamentarias de construcción

Altura del forjado Corte transversal

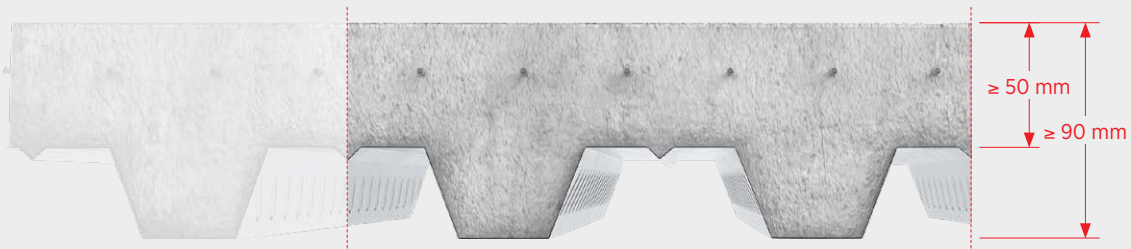
La altura del forjado no debe ser inferior a 80 mm y el espesor de la chapa de hormigón situada por encima de los nervios de la chapa

metálica deberá ser mayor o igual a 40 mm [NP EN 1994-1-1 cláusula 9.2.1(1)].



Si el forjado mixto actúa como diafragma o como banzo de una viga mixta, los valores del apartado

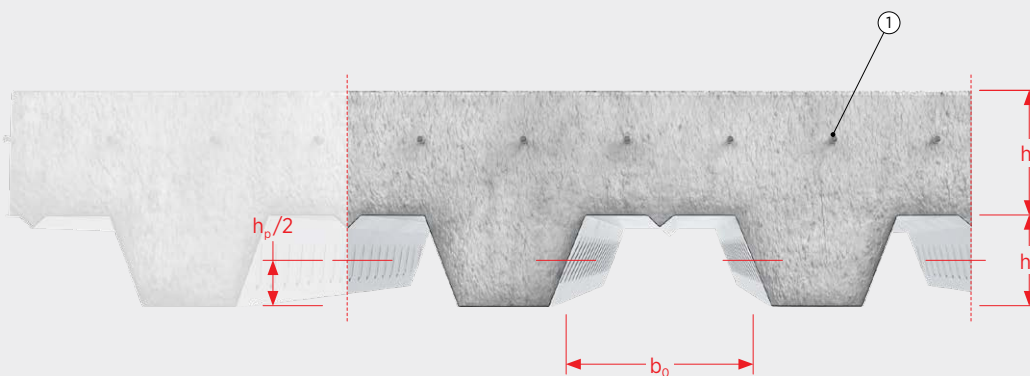
anterior deberán incrementarse en 10 mm [NP EN 1994-1-1 cláusula 9.2.1(2)].



Dimensión de los inertes Corte transversal

La dimensión de los inertes utilizados en la producción de hormigón no deberá superar el

menor de $0,4 h_c$, $b_0/3$ y 31,5 mm [NP EN 1994-1-1 cl. 9.2.2(1)].



① Armadura

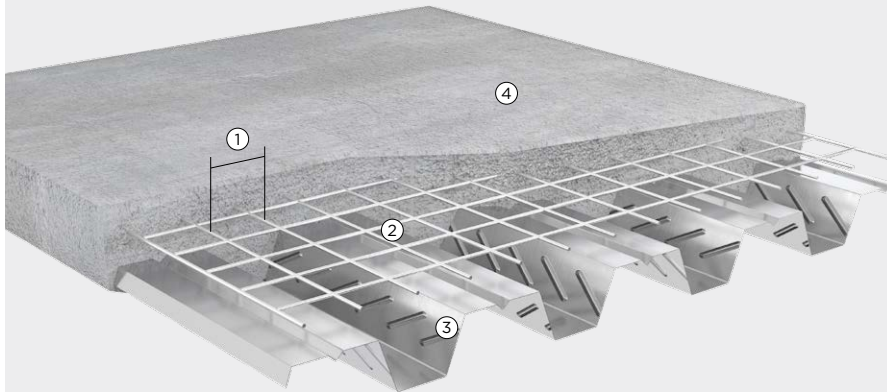
Disposiciones reglamentarias de construcción

Armadura ordinaria

La armadura ordinaria deberá colocarse en la chapa de hormigón por encima de los nervios. Su área no deberá ser inferior a $80 \text{ mm}^2/\text{m}$ [NP EN 1994-1-1 cl. 9.2.1(3) y (4)].

El porcentaje mínimo de armadura de un forjado mixto que actúe como diafragma no deberá ser inferior al 0,2 % en ambas direcciones. Esta armadura tendrá que añadirse a la armadura principal.

El espaciado entre barras no deberá superar los siguientes valores: $2x h_{\text{total}}$ del forjado o 350 mm.

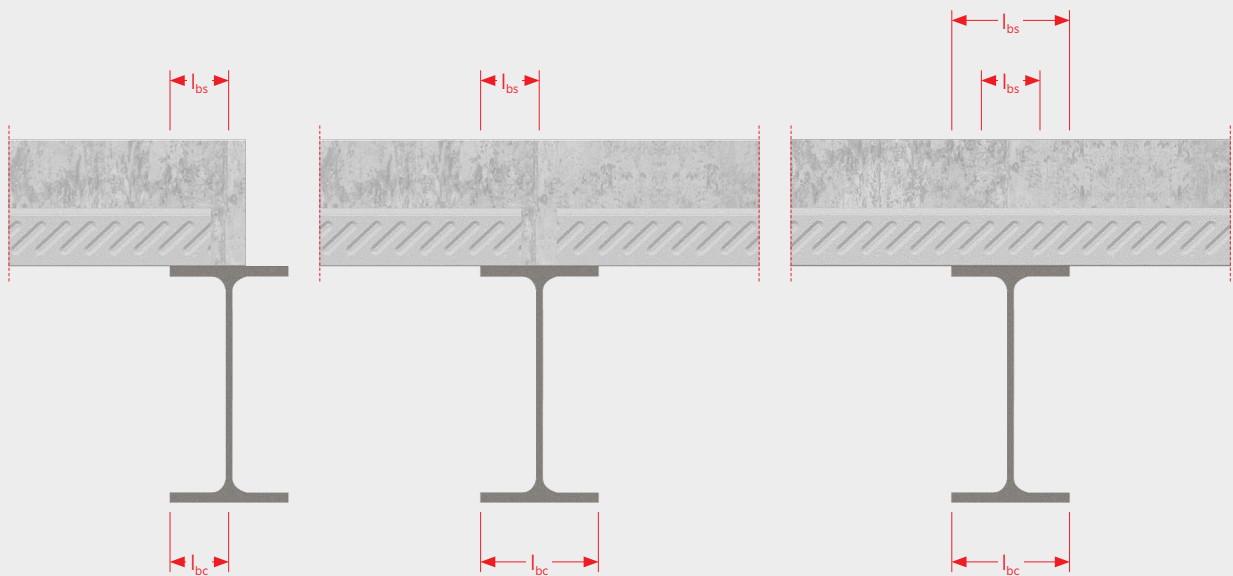


- ① $e \geq \min(2h, 350 \text{ mm})$
- ② Armadura ordinaria
- ③ Perfil H60
- ④ Hormigón

Chapa en los apoyos Detalle

Las longitudes de apoyo de cada chapa perfilada sobre los apoyos definitivos deberán ser mayores o iguales a $l_{bc} = 75 \text{ mm}$ y $l_{bs} = 50 \text{ mm}$

en apoyos de acero u hormigón, $l_{bc} = 100 \text{ mm}$ y $l_{bs} = 70 \text{ mm}$ para apoyos constituidos por otros materiales.



Recomendaciones de seguridad y reglas de buena construcción

Chapa en obra Recepción/almacenamiento

Normalmente, las chapas se envían en lotes de aproximadamente 1 m de ancho por 0,6 m de profundidad. Cada lote pesa una media de 2 toneladas.

Los lotes no deben permanecer almacenados en el local de la obra durante un tiempo excesivo.

Se recomienda un tiempo máximo de almacenamiento en obra de 1 mes.

Los lotes deben identificarse y su distribución debe verificarse previamente en la obra.

Posicionamiento de las chapas

Antes de empezar a colocar las chapas, ha de asegurarse de que su zona de apoyo está limpia y seca, especialmente cuando se prevea la soldadura de los conectores.

Cuando se prevea realizar la soldadura de los conectores al perfil metálico a través de la chapa, su superficie sólo deberá decaparse sin ningún tipo de tratamiento adicional.

No debe permitirse ningún trabajo debajo del área donde se están aplicando las chapas.

Deben instalarse barandillas en los bordes de la plataforma de trabajo y en las aberturas.

Las chapas sólo deben fijarse a los elementos definitivos y a las chapas adyacentes.

Fijación de las chapas

La fijación de las chapas debe garantizarse atornillándolas a las vigas metálicas con tornillos

autoperforantes en las cantidades indicadas en la tabla siguiente.

Apoyos		
Extremos*	Intermedios**	Longitudinales
3 por chapa	2 por chapa	cada 600 mm

*Si hay conectores soldados, este número podrá reducirse a 2 fijaciones por chapa.

**Si hay conectores soldados, este número podrá reducirse a 1 fijación por chapa.

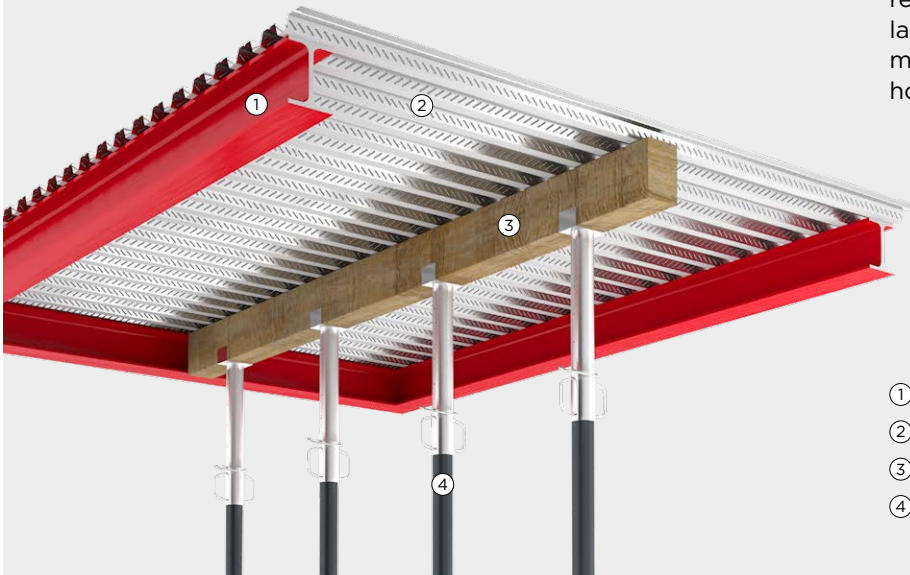
Recomendaciones de seguridad y reglas de buena construcción

Apuntalamiento de construcción

El diseñador debe destacar claramente la necesidad de apuntalar el forjado mixto durante la fase de hormigonado. Para ello, la entidad ejecutora deberá disponer de planos que muestren la ubicación exacta del sistema de apuntalamiento.

El apuntalamiento debe garantizar una distribución de las cargas durante la fase de hormigonado y su encaminamiento hacia los puntales verticales.

El apuntalamiento debe mantenerse hasta que el hormigón tenga una resistencia mínima del 75 % de la resistencia a los 28 días (una media de 14 días después del hormigonado).



- ① Perfil metálico
- ② Perfil H60
- ③ Viga de madera
- ④ Puntales

Remate de moldura

El remate de moldura debe ejecutarse en chapa galvanizada, con la forma que se muestra a continuación. Este elemento debe colocarse y fijarse correctamente para que no presente deformaciones excesivas durante el proceso de hormigonado.

Existen 2 tipos de remate de moldura: cuando el remate discurre a lo largo de la viga de moldura y cuando el remate permanece en voladizo respecto a la viga.

Este voladizo nunca debe superar los 600 mm desde el eje de la viga de moldura.



- ① Perfil metálico
- ② Remate de moldura
- ③ Tirante de chapa galvanizada
- ④ Conectores
- ⑤ Perfil H60
- ⑥ Hormigón

Recomendaciones de seguridad y reglas de buena construcción

Colocación de conectores

Los conectores pueden soldarse a la viga a través de la chapa. Sin embargo, esta situación debe evitarse siempre que sea posible.

Para una soldadura eficaz en las condiciones mencionadas, el espesor de la chapa debe ser inferior a 1,5 mm y el revestimiento de zinc inferior a 0,03 mm/cara.

Preferiblemente, los conectores deben estar soldados de fábrica.

El espaciado de los conectores no debe ser inferior a 95 mm en la dirección de las tensiones de corte longitudinal y 76 mm en la dirección transversal.

El espaciado entre conectores no debe superar los 450 mm.

Hormigonado del forjado

La superficie de la chapa debe estar limpia, sin restos ni aceite, para ejecutar el hormigonado.

Todas las juntas de chapa deben garantizar el sellado del hormigón fresco. Este sellado puede garantizarse colocando cinta adhesiva en las juntas.

El equipo de hormigonado debe limitarse a un máximo de 4 elementos.

El hormigón debe depositarse lo más cerca posible del pavimento y deben evitarse acumulaciones excesivas.



Sede

Av. de São Lourenço, N.º 41
4705-444 Celeirós, Braga
Portugal

T +351 253 305 600

info@ofeliz.com

ofeliz.com

Chapa e Perfilados

Av. Eng. José Rolo
Parque Ind. Celeirós, Pav. i3
4705-414 Celeirós, Braga
Portugal

T +351 253 674 866

cp@ofeliz.com

