

## Apoyo compacto S 70

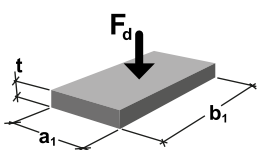
Apoyo elastomérico estático como soporte para elementos constructivos

### Dimensionamiento con valores de diseño

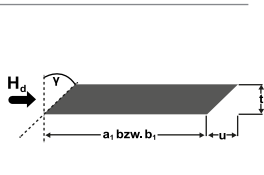
El dimensionamiento de los apoyos se realiza de conformidad con la homologación general de las autoridades de construcción hasta una tensión de compresión de  $\sigma_{R,d} = 21 \text{ N/mm}^2$ . El concepto de dimensionamiento se basa en el factor de forma. Deben tenerse en cuenta los taladros, las escotaduras y la distancia necesaria respecto a los bordes, de conformidad con la norma DIN EN 1992.

#### TIPO DE ESFUERZO

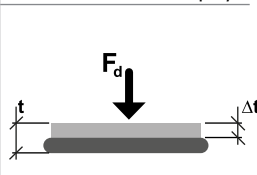
valor de dimensionamiento de la capacidad portante



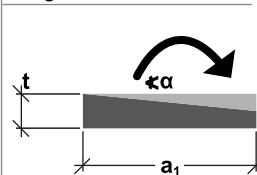
deformación de cizallamiento admisible



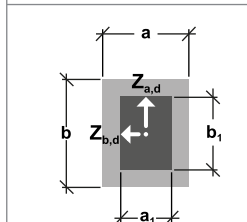
deformación del apoyo



ángulo de giro admisible



fuerzas de tracción transversales



#### FÓRMULA

$$\sigma_{R,d} = 7 \cdot S \leq 21 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Nota: se ha modificado ligeramente la fórmula en la hoja de datos técnicos para facilitar su aplicación

Factor de forma S, ver página 2

$$u \text{ admisible} = 0,6 \cdot (t-2) \text{ [mm]}$$

$$\text{Fuerza horizontal } H_d = c_{s(t)} \cdot u \cdot A_E \text{ (19000 mm}^2\text{)}$$

Para evitar que se deslice el apoyo se requiere una tensión de compresión mínima de  $2 \text{ N/mm}^2$ . Valores  $c_{s(t)}$  y condiciones marginales, ver la página 8

Ver la página 6

$\alpha$  admisible =

$$\frac{450 \cdot t}{a_1} \leq 40 \text{ [‰]}$$

(Apoyo rectangular)

A tener en cuenta según la homologación:

- 10 ‰ por la oblicuidad
- $\frac{625}{a_1}$  por la falta de planeidad

véase también el Folleto 600, DAfStb (Comisión técnica alemana para el hormigón armado)

$$Z_{a,d} = 1,5 \cdot F_d \cdot t / b_1 \text{ [kN]} \text{ (en el lado transversal del apoyo)}$$

$$Z_{b,d} = 1,5 \cdot F_d \cdot t / a_1 \text{ [kN]} \text{ (en el lado longitudinal del apoyo)}$$

véase también el Folleto 339, DAfStb (Comisión técnica alemana para el hormigón armado)

#### LEYENDA DE LOS SÍMBOLOS UTILIZADOS EN LAS FÓRMULAS

$F_d$	Fuerza vertical	$\sigma_{R,d}$	Valor de dimensionamiento de la capacidad portante
$H_d$	Fuerza horizontal	$\sigma_{E,d}$	Tensión de compresión de diseño resultante de la carga
$Z_{a,d}, Z_{b,d}$	Fuerza de tracción transversal	$\alpha$	Torsión del apoyo
$A_E$	Superficie del apoyo	$c_{s(t)}$	Rigidez al cizallamiento
S	Factor de forma, relación entre la superficie oprimida del apoyo $A_E$ y la superficie lateral no sometida a esfuerzos	u	Deformación del apoyo por cizallamiento
$a_1$	Lado más corto del apoyo	$\gamma$	Ángulo de empuje
$b_1$	Lado más largo del apoyo	t	Grosor del apoyo
a	Anchura del componente	$\Delta t$	Deformación del apoyo
b	Longitud del componente		

## Apoyo compacto S 70

Apoyo elastomérico estático como soporte para elementos constructivos

### Cálculo del factor de forma

Para el dimensionamiento de los apoyos elastoméricos no armados se utiliza el factor de forma S como relación entre el área comprimida y el área de deformación libre. Con el factor de forma S se calcula la tensión de compresión admisible en función de las dimensiones del apoyo.

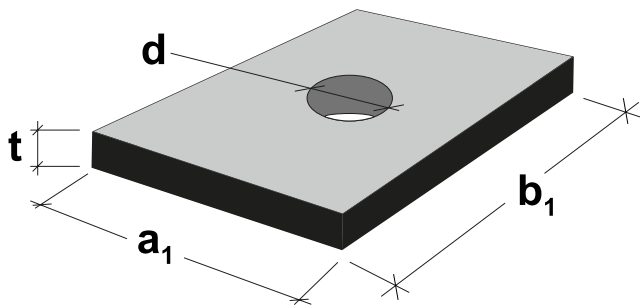
#### FACTOR DE FORMA PARA APOYOS RECTANGULARES

Sin taladro

$$S = \frac{b_1 \cdot a_1}{2 \cdot t \cdot (b_1 + a_1)}$$

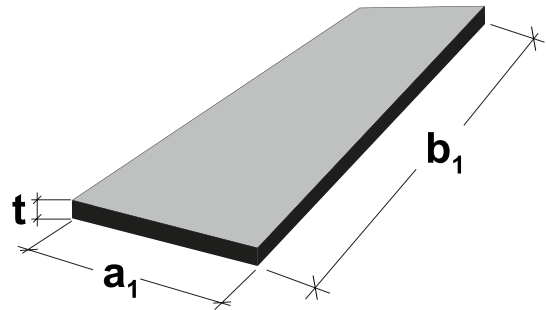
Con taladro,  $n \leq 4$

$$S = \frac{a \cdot b - \frac{\pi}{4} n \cdot d^2}{2 \cdot t \cdot (a+b) + t \cdot \pi \cdot n \cdot d}$$



#### FACTOR DE FORMA PARA APOYOS EN BANDAS

$$S = \frac{a_1}{2 \cdot t} \quad b_1 \gg a_1$$



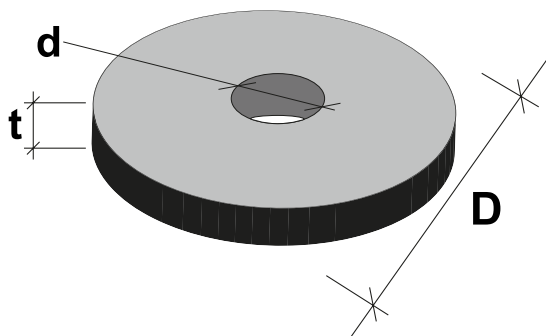
#### FACTOR DE FORMA PARA APOYOS REDONDOS

Sin taladro

$$S = \frac{D}{4 \cdot \sqrt{2} \cdot t}$$

Con taladro

$$S = \frac{D-d}{4 \cdot \sqrt{2} \cdot t}$$



## Apoyo compacto S 70

Apoyo elastomérico estático como soporte para elementos constructivos

### Grosores: 10 y 15 mm

Las tablas siguientes muestran el valor de dimensionamiento de la capacidad portante y el ángulo de giro admisible en función de las dimensiones del apoyo. Los valores intermedios pueden interpolarse.

APOYO			VALOR DE DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE, $\sigma_{R,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]																			
[mm]	$\alpha$ [‰]	[mm]	LONGITUD DEL APOYO [mm]																			
grosor	ángulo de giro admisible	anchura	70	80	90	100	110	120	130	140	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	
10	40,0	50	-	-	-	11,7	12,0	12,4	12,6	12,9	13,1	13,6	14,0	14,3	14,6	14,8	15,0	15,3	15,6	15,8	15,9	
	40,0	60	-	-	-	13,1	13,6	14,0	14,4	14,7	15,0	15,6	16,2	16,6	16,9	17,2	17,5	17,9	18,3	18,5	18,8	
	40,0	70	12,3	13,1	13,8	14,4	15,0	15,5	15,9	16,3	16,7	17,5	18,1	18,7	19,1	19,5	19,9	20,4	20,9			
	40,0	80	13,1	14,0	14,8	15,6	16,2	16,8	17,3	17,8	18,3	19,2	20,0	20,7								
	40,0	90	13,8	14,8	15,8	16,6	17,3	18,0	18,6	19,2	19,7	20,8										
	40,0	100	14,4	15,6	16,6	17,5	18,3	19,1	19,8	20,4												
	40,0	110	15,0	16,2	17,3	18,3	19,3	20,1	20,9													
	37,5	120	15,5	16,8	18,0	19,1	20,1															
	34,6	130	15,9	17,3	18,6	19,8	20,9															
	32,1	140	16,3	17,8	19,2	20,4																
	30,0	150	16,7	18,3	19,7																	
	28,1	160	17,0	18,7	20,2																	
	25,7	175	17,5	19,2	20,8																	
	22,5	200	18,1	20,0																		
	18,0	250	19,1																			
	15,0	300	19,9																			
	12,9	350	20,4																			
	11,3	400	20,9																			
	10,0	450																				
	9,0	500																				
8,2	550																					
7,5	600																					

21,0

APOYO			VALOR DE DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE, $\sigma_{R,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]																			
[mm]	$\alpha$ [‰]	[mm]	LONGITUD DEL APOYO [mm]																			
grosor	ángulo de giro admisible	anchura	75	80	90	100	110	120	130	140	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	
15	40,0	75	8,8	9,0	9,5	10,0	10,4	10,8	11,1	11,4	11,7	12,3	12,7	13,1	13,5	13,8	14,0	14,4	14,7	15,0	15,2	
	40,0	80	9,0	9,3	9,9	10,4	10,8	11,2	11,6	11,9	12,2	12,8	13,3	13,8	14,1	14,5	14,7	15,2	15,6	15,8	16,1	
	40,0	90	9,5	9,9	10,5	11,1	11,6	12,0	12,4	12,8	13,1	13,9	14,5	15,0	15,4	15,8	16,2	16,7	17,1	17,5	17,8	
	40,0	100	10,0	10,4	11,1	11,7	12,2	12,7	13,2	13,6	14,0	14,8	15,6	16,2	16,7	17,1	17,5	18,1	18,7	19,1	19,4	
	40,0	110	10,4	10,8	11,6	12,2	12,8	13,4	13,9	14,4	14,8	15,8	16,6	17,2	17,8	18,3	18,8	19,5	20,1	20,6		
	40,0	120	10,8	11,2	12,0	12,7	13,4	14,0	14,6	15,1	15,6	16,6	17,5	18,3	18,9	19,5	20,0	20,9				
	40,0	130	11,1	11,6	12,4	13,2	13,9	14,6	15,2	15,7	16,3	17,4	18,4	19,2	20,0	20,6						
	40,0	140	11,4	11,9	12,8	13,6	14,4	15,1	15,7	16,3	16,9	18,1	19,2	20,1	20,9							
	40,0	150	11,7	12,2	13,1	14,0	14,8	15,6	16,3	16,9	17,5	18,8	20,0									
	40,0	160	11,9	12,4	13,4	14,4	15,2	16,0	16,7	17,4	18,1	19,5	20,7									
	38,6	175	12,3	12,8	13,9	14,8	15,8	16,6	17,4	18,1	18,8	20,4										
	33,8	200	12,7	13,3	14,5	15,6	16,6	17,5	18,4	19,2	20,0											
	27,0	250	13,5	14,1	15,4	16,7	17,8	18,9	20,0	20,9												
	22,5	300	14,0	14,7	16,2	17,5	18,8	20,0														
	19,3	350	14,4	15,2	16,7	18,1	19,5	20,9														
	16,9	400	14,7	15,6	17,1	18,7	20,1															
	15,0	450	15,0	15,8	17,5	19,1	20,6															
	13,5	500	15,2	16,1	17,8	19,4																
	12,3	550	15,4	16,3	18,0	19,7																
	11,3	600	15,6	16,5	18,3	20,0																

21,0

Utilización en hormigón en obra: integración en poliestireno

Clasificación con la clase de resistencia al fuego F90 / F120: puede ser necesario integrar el apoyo en una placa de protección contra incendios Ciflamon

## Apoyo compacto S 70

Apoyo elastomérico estático como soporte para elementos constructivos

Grosor: 20 mm

APOYO			VALOR DE DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE, $\sigma_{R,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]																
[mm]	$\alpha$ [‰]	[mm]	LONGITUD DEL APOYO [mm]																
grosor	ángulo de giro admisible	anchura	100	110	120	125	130	140	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
20	40,0	100	8,8	9,2	9,5	9,7	9,9	10,2	10,5	11,1	11,7	12,1	12,5	12,8	13,1	13,6	14,0	14,3	14,6
	40,0	110	9,2	9,6	10,0	10,2	10,4	10,8	11,1	11,8	12,4	12,9	13,4	13,8	14,1	14,6	15,1	15,5	15,8
	40,0	120	9,5	10,0	10,5	10,7	10,9	11,3	11,7	12,5	13,1	13,7	14,2	14,6	15,0	15,6	16,2	16,6	16,9
	40,0	130	9,9	10,4	10,9	11,2	11,4	11,8	12,2	13,1	13,8	14,4	15,0	15,4	15,9	16,6	17,2	17,7	18,1
	40,0	140	10,2	10,8	11,3	11,6	11,8	12,3	12,7	13,6	14,4	15,1	15,7	16,2	16,7	17,5	18,1	18,7	19,1
	40,0	150	10,5	11,1	11,7	11,9	12,2	12,7	13,1	14,1	15,0	15,8	16,4	17,0	17,5	18,4	19,1	19,7	20,2
	40,0	160	10,8	11,4	12,0	12,3	12,6	13,1	13,5	14,6	15,6	16,4	17,1	17,7	18,3	19,2	20,0	20,7	
	40,0	175	11,1	11,8	12,5	12,8	13,1	13,6	14,1	15,3	16,3	17,2	18,0	18,7	19,3	20,4			
	40,0	200	11,7	12,4	13,1	13,5	13,8	14,4	15,0	16,3	17,5	18,5	19,4	20,3					
	36,0	250	12,5	13,4	14,2	14,6	15,0	15,7	16,4	18,0	19,4	20,7							
	30,0	300	13,1	14,1	15,0	15,4	15,9	16,7	17,5	19,3									
	25,7	350	13,6	14,6	15,6	16,1	16,6	17,5	18,4	20,4									
	22,5	400	14,0	15,1	16,2	16,7	17,2	18,1	19,1										
	20,0	450	14,3	15,5	16,6	17,1	17,7	18,7	19,7										
	18,0	500	14,6	15,8	16,9	17,5	18,1	19,1	20,2										
	16,4	550	14,8	16,0	17,2	17,8	18,4	19,5	20,6										
15,0	600	15,0	16,3	17,5	18,1	18,7	19,9												

21,0

Utilización en hormigón en obra: integración en poliestireno

Clasificación con la clase de resistencia al fuego F90 / F120: puede ser necesario integrar el apoyo en una placa de protección contra incendios Ciflamon

## Apoyo compacto S 70

Apoyo elastomérico estático como soporte para elementos constructivos

### APOYO EN BANDAS

ANCHURA DEL APOYO $a_1$ [mm]	APOYO COMPACTO S 70					
	GROSORES DEL APOYO					
	t = 10 mm		t = 15 mm		t = 20 mm	
	$F_{R,d}$ [kN/m]	$\alpha$ admisible [‰]	$F_{R,d}$ [kN/m]	$\alpha$ admisible [‰]	$F_{R,d}$ [kN/m]	$\alpha$ admisible [‰]
50	875	40,0	-	-	-	-
60	1260	40,0	-	-	-	-
70	1470	40,0	-	-	-	-
80	1680	40,0	1493	40,0	-	-
90	1890	40,0	1890	40,0	-	-
100	2100	40,0	2100	40,0	1750	40,0
110	2310	40,0	2310	40,0	2118	40,0
120	2520	37,5	2520	40,0	2520	40,0
130	2730	34,6	2730	40,0	2730	40,0
140	2940	32,1	2940	40,0	2940	40,0
150	3150	30,0	3150	40,0	3150	40,0
160	3360	28,1	3360	40,0	3360	40,0
170	3570	26,5	3570	39,7	3570	40,0
180	3780	25,0	3780	37,5	3780	40,0
190	3990	23,7	3990	35,5	3990	40,0
200	4200	22,5	4200	33,8	4200	40,0
210	4410	21,4	4410	32,1	4410	40,0
220	4620	20,5	4620	30,7	4620	40,0
230	4830	19,6	4830	29,3	4830	39,1
240	5040	18,8	5040	28,1	5040	37,5
250	5250	18,0	5250	27,0	5250	36,0

Utilización en hormigón en obra: integración en poliestireno

Clasificación con la clase de resistencia al fuego F90 / F120: en caso necesario, integración en una placa de protección contra incendios Ciflamon

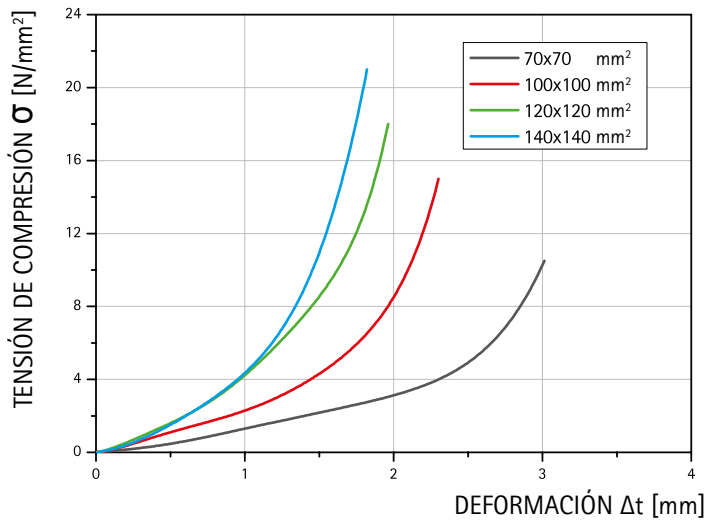
## Apoyo compacto S 70

Apoyo elastomérico estático como soporte para elementos constructivos

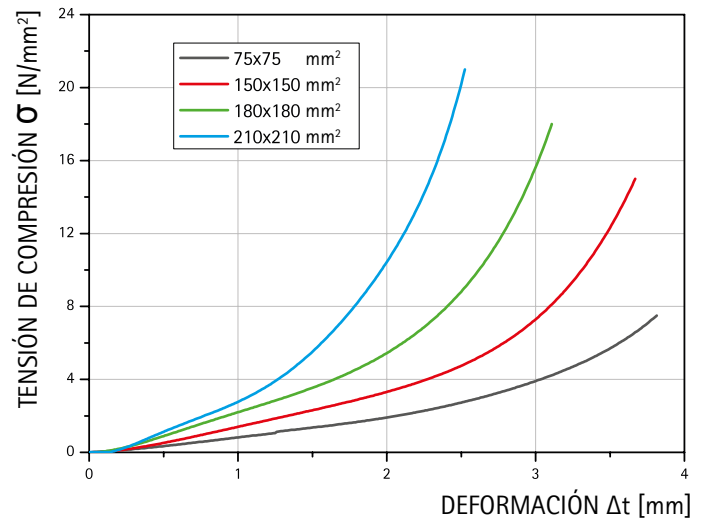
### Curvas características de elasticidad

Los siguientes diagramas muestran el comportamiento a compresión de diferentes formatos cuando se utilizan entre superficies de hormigón (elementos prefabricados).

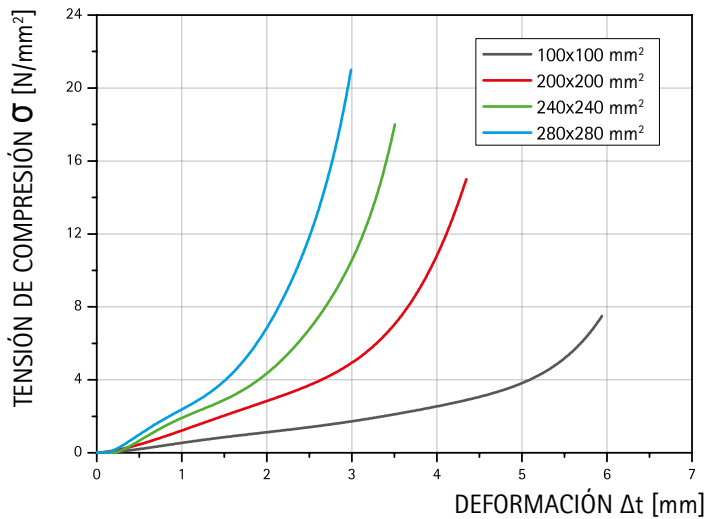
#### Grosor 10 mm



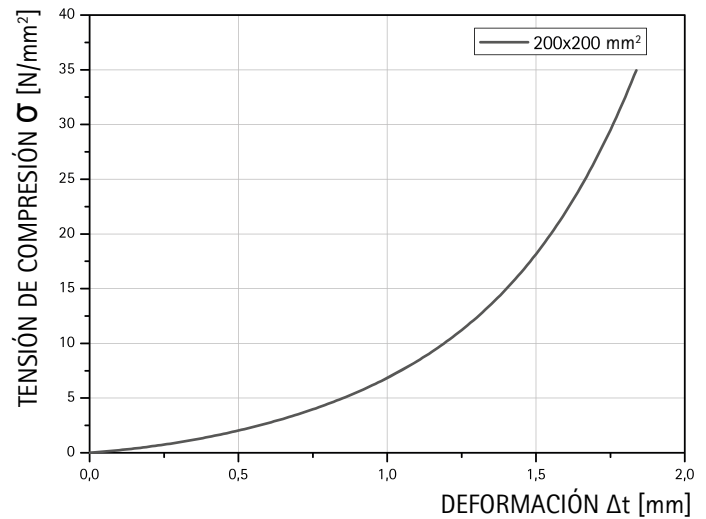
#### Grosor 15 mm



#### Grosor 20 mm



#### Grosor 10 mm, comportamiento bajo un $\sigma$ muy alta



Curva de deformación por compresión hasta el valor de dimensionamiento de la capacidad portante de acuerdo con la homologación para un apoyo de este tipo con un factor de forma elevado.

## Apoyo compacto S 70

Apoyo elastomérico estático como soporte para elementos constructivos

### Ejemplo de dimensionamiento

Se asume:  $F_{E,k} = 880$  kN de acuerdo con  $F_{E,d} = 1,4 \times F_{E,k} = 1232$  kN\*, torsión del apoyo  $\alpha = 19$  ‰, deformación horizontal  $u = 6,2$  mm

Dimensiones elegidas:

$$a_1 = 160 \text{ mm}, b_1 = 370 \text{ mm}, t = 15 \text{ mm}$$

Factor de forma:

$$S = \frac{160 \text{ mm} \times 370 \text{ mm}}{2 \times 15 \text{ mm} \times (160 \text{ mm} + 370 \text{ mm})} = 3,7$$

Capacidad portante:

$$\sigma_{R,d} = 7 \times 3,7 = 25,9 \text{ N/mm}^2 > 21,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\rightarrow \sigma_{R,d} = 21 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{R,d} = \sigma_{R,d} \times A_E = 21,0 \text{ N/mm}^2 \times 160 \text{ mm} \times 370 \text{ mm} = 1243,2 \text{ kN}$$

$$F_{R,d} \geq F_{E,d} \rightarrow \text{La capacidad portante del apoyo es suficiente}$$

Torsión del apoyo por deformación de los componentes:

$$\alpha = 19 \text{ ‰}$$

Torsión adicional por oblicuidad:

$$10 \text{ ‰}$$

Torsión adicional por falta de planeidad:

$$625 \text{ (mm}^* \text{‰)} / a \text{ (mm)} = 625 / 160 = 3,9 \text{ ‰}$$

Torsión total a absorber:

$$\alpha = 19 \text{ ‰} + 10 \text{ ‰} + 3,9 \text{ ‰} = 32,9 \text{ ‰}$$

$$\alpha \text{ máx.} = 450 \text{ ‰} \times t / a = 450 \text{ ‰} \times 15 \text{ mm} / 160 \text{ mm} = 42,2 \text{ ‰} > 40 \text{ ‰}$$

$$\rightarrow \alpha \text{ admisible} = 40 \text{ ‰}$$

$$\alpha \text{ admisible} \geq \alpha \rightarrow \text{El ángulo de giro del apoyo es suficiente}$$

Deformación horizontal de los componentes:  $u = 6,2$  mm

$$u \text{ admisible} = 0,6 \times (t-2) = 7,8 \text{ mm}$$

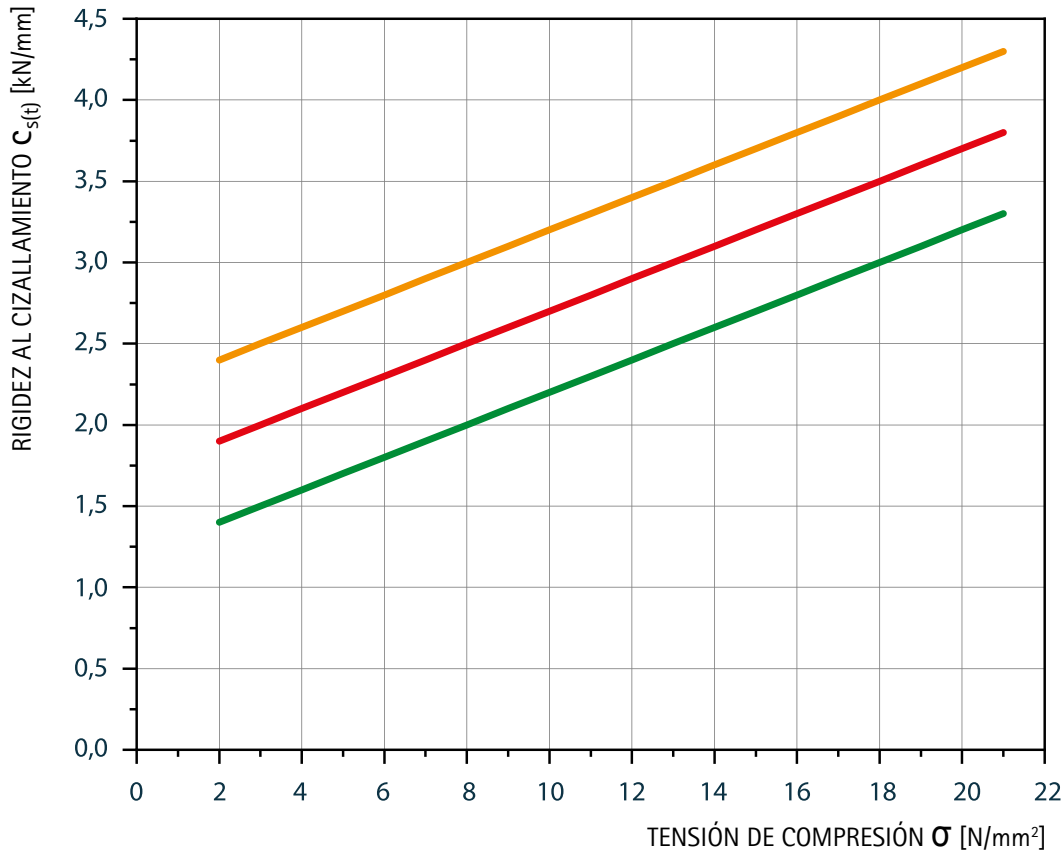
$$u \text{ máx} \geq u \rightarrow \text{La capacidad de deformación por cizallamiento del apoyo es suficiente}$$

\* Nota sobre el factor de seguridad parcial: El factor de seguridad parcial de una carga incidente depende de su tipo. Por ejemplo, para cargas permanentes es 1,35, para cargas variables 1,5. Dado que los apoyos para la construcción deberían utilizarse solamente bajo cargas predominantemente permanentes, puede asumirse un factor de 1,4 para la relación entre la carga característica total y la carga total de dimensionamiento.

## Apoyo compacto S 70

Apoyo elastomérico estático como soporte para elementos constructivos

### Rigidez al cizallamiento



#### LEYENDA

- 10 mm
- 15 mm
- 20 mm

#### DIAGRAMA

No es necesario verificar la deformación horizontal por cizallamiento debida a fuerzas horizontales que actúan una sola vez, ya que un pequeño deslizamiento único no provoca ningún cambio perjudicial en el apoyo. Si la deformación por cizallamiento es una deformación por cizallamiento «pura», se requiere una tensión de compresión vertical sobre el apoyo  $\sigma_{Ed}$  de al menos 2 N/mm<sup>2</sup>.

El contenido de este impreso es el resultado de extensas tareas de investigación y de nuestra experiencia en la aplicación práctica. Todas las informaciones e indicaciones se han redactado según nuestro leal saber y entender. No obstante, no se ofrece garantía alguna en cuanto a sus propiedades y no se exonera al usuario de una comprobación propia, también con respecto a derechos de protección de terceros. Queda excluida cualquier responsabilidad por daños y perjuicios, de cualquier tipo y basada en cualquier fundamento jurídico, por el asesoramiento prestado mediante esta publicación. Se reserva el derecho de introducir modificaciones técnicas en el marco del desarrollo del producto.

© Copyright - Calenberg Ingenieure GmbH - 2025

Rev. 1

13 de agosto de 2025

Calenberg Ingenieure GmbH | Am Knübel 2-4 | 31020 Salzhemmendorf | Alemania | info@calenberg-ingenieure.de | www.calenberg-ingenieure.es