

Datos 'estructurales'

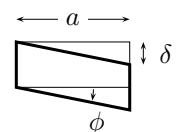
En las siguientes tablas se incluyen diversos datos acerca de las acciones características y de las deformaciones tolerables de las estructuras, así como sobre las propiedades mecánicas de diversos materiales. Aunque el uso de estos datos conducirá en general a diseños estructurales seguros, no exime de la consulta de la normativa pertinente a cada proyecto concreto.

Acciones usuales en edificios

ACCIONES GRAVITATORIAS TOTALES q		kN/m ²
Superficies transitables, por unidad de superficie		
Viviendas, oficinas, garages		6,5
Edificios públicos		8
Almacenes de material		> 10
Cerramientos, por unidad de superficie		
Ligeros (como muro cortina)		1
Medios (como muro de medio pie y tabique)		2,5
Pesados (como muro de un pie y tabique)		4,5
Cubiertas, por unidad de superficie		
Ligeras (como chapa y nieve)		1,5
Pesadas (como forjado, solado y nieve)		6
VIENTO w		kN/m ²
En fachadas, por unidad de superficie		1
En cubiertas de edificios cerrados, por unidad de superficie		
Inclinadas 30° (presión)		0,6
Inclinadas 15° (presión)		0,4
Planas (presión o succión)		±0,4
En cubiertas de edificios abiertos, por unidad de superficie		
Inclinadas 30° (presión)		0,1
Inclinadas 15° (presión)		0,5
Planas (presión o succión)		±0,3
EMPUJES		kN/m ² /m
En muros de contención, en cada unidad de superficie y por cada unidad de profundidad		
Agua		10
Suelo-tipo cuando está seco		5
Suelo-tipo cuando está saturado		7
Suelo-tipo cuando está anegado (incluyendo la presión hidrostática)		14
PESO PROPIO ρ		kN/m ³
Hormigón armado		[23 25]
Hormigón en masa		22
Muros de ladrillo		[14 18]
Terrenos		[17 20]
Agua		10
Acero		78,5
Peso específico medio de los edificios habitables		2,5

Distorsiones tolerables por diversas clases de elementos

ϕ_{tol} (mrad)	Cubiertas	Fábricas flexibles	Fábricas rígidas	Fábricas muy rígidas
$a \leq 2,5$ m	8	5	4	3
$2,5$ m $\leq a < 5$ m	6	4	3	2,5
5 m $\leq a$	5	3	2,5	2



La distorsión ϕ se define como la razón entre el desplazamiento transversal δ y la longitud a del trozo considerado, expresada en mrad (o en mm/m, que es lo mismo). Para calcular flechas tolerables relativas a la luz de flexión (que jugaría el papel de $2a$) se debe, en general, usar el valor $\phi_{tol}/2$ (salvo en vuelos, donde ambos valores coinciden).

Valores usuales del coeficiente de seguridad global

Material	γ	γ_M	γ_A	Norma
Acero laminado	1,33 1,44 1,50	1	1,44	NBE-EA-95
Hormigón	1,96 2,40 3,06	1,5	1,6	EHE
Acero para armar		1,15	1,6	EHE
Hormigón armado	1,54 [1,84 2,40] 3,06	[1,15 1,5]	1,6	EHE
Madera	5,00	5,00	1,00	

γ : coeficiente global. γ_M : coeficiente de *minoración* del material. γ_A : coeficiente de *mayoración* de las acciones. $\gamma = \gamma_M \times \gamma_A$. Sí existe en España una norma aplicable a la madera, el CTE, pero el valor se ha tomado de la correspondiente norma DIN alemana. Las distintas normas dan distintos nombres a estos coeficientes, a pesar de significar lo mismo.

Propiedades básicas de diversos materiales

Material	ρ	f	f_e	E	ε_f	\mathcal{A}
	kN/m ³	N/mm ² MN/m ²	N/mm ² MN/m ²	kN/mm ² GN/m ²	mm/m	m
Acero laminado	78,5	180 ^b	260 ^b	200 ^e	0,9 ^b	2.290 ^b
Aluminio aleado	27 ^b	162 ^b	239 ^b	70	2,31 ^b	6.000 ^b
Madera de balsa	1,6 ^a	10,5	40 ^a	1,5 ^a	7,0	6.560
Fábrica de ladrillo ^c	16 ^a	0,9 ^a	10 ^a	6 ^a	0,15 ^a	56,2 ^a
Fibra de carbono	20	850	1.700	320	2,65	42.500
Fibra de vidrio	25	775	1.550	69	11,2	31.000
Hormigón para armar ^c	23 ^a	8,8 ^b	21 ^b	25 ^b	0,35 ^b	383 ^b
Hueso (húmedo) de mamífero	20	75	150	17	4,41	3.750
Madera	7 ^a	7 ^b	120 ^a	10 ^b	0,7 ^b	1.000 ^b
Nylon	11,2	24	48 ^b	?	?	2.140
Poliéster	12	50	100	5	10	4.170
Quitina	16,1	140	280	44	3,18	8.700
Roca-tipo ^c	25	0,5 ^b	50 ^{ad}	50 ^a	0,01	20 ^b
Seda de araña	12,7	300	600	10	30	23.600
Suelo-tipo ^c	18,5 ^a	0,15 ^b	?	?	?	8
Titanio	45,1	225	450	110	2,05	4.990
Vidrio laminado	25,2	7 ^b	34 ^b	68,9 ^b	0,10	278 ^b

De los valores en cursiva no existe gran certeza o no están convenidos.

Símbolos: ρ , peso específico; f , tensión que el material resiste con la seguridad habitual; f_e , límite elástico; f_u , tensión de rotura; E , módulo de rigidez longitudinal (módulo de Young); ε_f , deformación que el material puede resistir con la seguridad habitual; $\mathcal{A} = f/\rho$, “alcance” estructural del material con seguridad o, bien, tamaño máximo que con seguridad es insuperable: un cable colgado de *longitud superior* a \mathcal{A} es *inseguro* bajo su propio peso —si el material puede resistir tracciones.

Notas: **a:** valor medio; **b:** valor usual; **c:** valores para el material trabajando a compresión; **d:** se da el valor de f_u ; **e:** los británicos prefieren aquí el valor 207 (en el siglo XX se usó generalmente el valor 206, todavía en vigor en algunas normas).

Costes

Coste monetario de la compresión

Precio a pie de obra de una pieza poco esbelta capaz de soportar con seguridad una sollicitación de compresión de 1 kN durante un metro, precios de 1992.

Material	Coste estructural pta/(m·kN)
Acero laminado	9
Madera de pino corriente	6
Hormigón en masa	1,5
Hormigón armado	3

Coste energético de la compresión

Energía contaminante necesaria para fabricar una pieza poco esbelta capaz de soportar con seguridad una sollicitación de compresión de 1 kN durante un metro, procedimientos industriales de fabricación de 1992.

Material	Coste estructural kWh/(m·kN)
Acero laminado	0,44
Madera de pino corriente	0,01
Hormigón en masa	0,16
Tierra (adobe, tapial)	0,09

Sobre el concepto genérico de ‘coste’, las distintas maneras de medirlo, y su importancia en el diseño, véase “Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales”, Mariano VÁZQUEZ ESPÍ, *Informes de la Construcción*, vol. 52, n° 471, 2001 (ahora también en *Boletín CF+S* n° 20, <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n20>).