

LISTA DE APÉNDICES

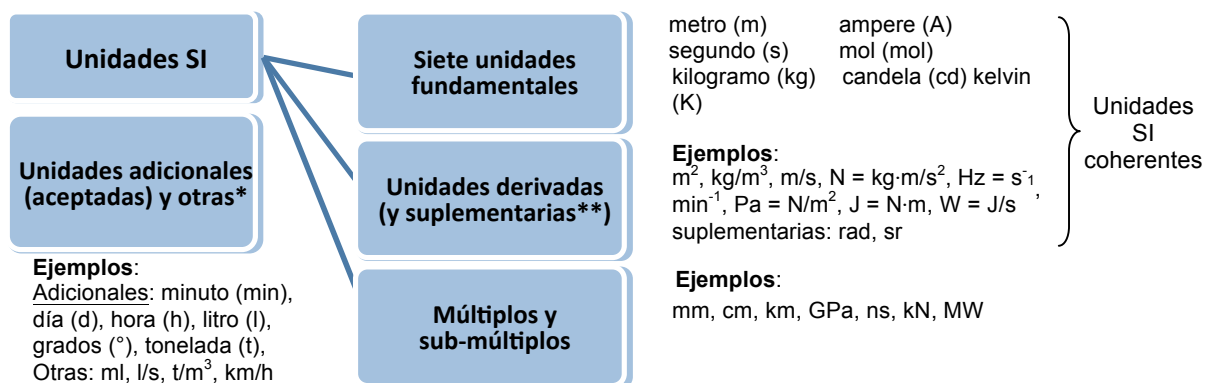
Apéndice 1 Manejo de unidades	491
Figura A-1.1 Clasificación de unidades del SI	491
Tabla A-1.1 Unidades SI fundamentales o de base	492
Tabla A-1.2 Algunas unidades SI...	492
Tabla A-1.3 Prefijos SI...	493
Tabla A-1.4 Algunas unidades inglesas y métricas	493
Equivalencias aproximadas	494
Notas sobre el uso de unidades del SI y reglas de impresión	494
Apéndice 2 Propiedades de secciones transversales	496
Apéndice 3 Propiedades de materiales	498
Tabla A-3.1 Propiedades FÍSICAS aproximadas de algunos materiales de ingeniería	498
Tabla A-3.2 Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros al carbono	499
Tabla A-3.3 Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros aleados	500
Tabla A-3.4 Propiedades mecánicas aproximadas de algunas fundiciones ferrosas	501
Tabla A-3.5 Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio...	501
Tabla A-3.6 Propiedades mecánicas aproximadas de algunas aleaciones de cobre	502
Tabla A-3.7 Propiedades mecánicas y físicas de algunos plásticos de ingeniería	502
Apéndice 4 Algunas clases y productos de acero nacionales	503
Tabla A-4.1 Perfiles de acero fabricados mediante el proceso de laminado en caliente	503
Tabla A-4.2 Algunas clases de aceros estructurales y de uso industrial...	504
Tabla A-4.3 Ángulos de alas iguales. Dimensiones y propiedades	505
Tabla A-4.4 Perfiles en C. Dimensiones (norma de fabricación ASTM A6/AGM)	505
Tabla A-4.5 Barras de sección circular. Especificaciones dimensionales	505
Apéndice 5 Factores de concentración de esfuerzos	506
Figura A-5.1 Placa plana con agujero transversal pasante sometida a flexión	506
Figura A-5.2 Placa plana con agujero central pasante sometida a carga axial	507
Figura A-5.3 Placa plana con pasador en agujero sometida a carga axial	507
Figura A-5.4 Placa plana con cambio de sección sometida a flexión	508
Figura A-5.5 Placa plana con cambio de sección sometida a carga axial	508
Figura A-5.6 Placa plana con entallas sometida a flexión	509
Figura A-5.7 Placa plana con entallas sometida a carga axial	509
Figura A-5.8 Placa plana con agujero excéntrico sometida a flexión	510
Figura A-5.9 Placa plana con agujero excéntrico sometida a tracción	510
Figura A-5.10 Eje de sección circular con cambio de sección sometido a torsión	511
Figura A-5.11 Eje de sección circular con cambio de sección sometido a flexión	511
Figura A-5.12 Eje de sección circular con cambio de sección sometido a carga axial	512
Figura A-5.13 Eje de sección circular con ranura anular sometido a torsión	512
Figura A-5.14 Eje de sección circular con ranura anular sometido a flexión	513
Figura A-5.15 Eje de sección circular con ranura anular sometido a carga axial	513
Figura A-5.16 Eje de sección circular con agujero pasante sometido a torsión	514
Figura A-5.17 Eje de sección circular con agujero pasante sometido a flexión	514
Figura A-5.18 Eje con chavetero de perfil estándar sometido a torsión o flexión	515
Apéndice 6 Dimensiones preferidas	516
Tabla A-6.1 Series Renard o dimensiones normales	516
Tabla A-6.2 Dimensiones preferidas SI	517
Tabla A-6.3 Dimensiones preferidas – Unidades inglesas	517
Apéndice 7 Momentos y deflexiones de vigas comunes	518

APÉNDICE 1

Manejo de unidades

Este apéndice se enfoca en las unidades más utilizadas en este texto. Se usa principalmente el **Sistema Internacional de Unidades (SI)**, que es el sistema legal de unidades en Colombia. Sin embargo, se considera necesario que el estudiante se familiarice con otros sistemas que tienen una gran influencia en nuestro medio. Se presentan los prefijos del SI y algunas equivalencias entre unidades del SI, inglesas y métricas (del Sistema Técnico Métrico (ST), del mks o del cgs). La nomenclatura, definiciones y símbolos de las unidades del SI y las recomendaciones para el uso de los prefijos son recogidas por la Norma Técnica Colombiana Oficial Obligatoria 1000 (Resolución No. 005 de 95-04-03 del Consejo Nacional de Normas y Calidades). Información adicional sobre unidades puede encontrarse en esta norma, en “ICONTEC (2002) Guía SI - Sistema Internacional de Unidades, Bogotá” y en libros de diseño de máquinas.

La figura A-1.1 muestra la clasificación de unidades del SI. Este sistema se fundamenta en siete unidades de base (unidades fundamentales), las cuales se consideran independientes unas de otras. Las unidades SI derivadas son unidades obtenidas al combinar las fundamentales. Por razones prácticas, 21 unidades derivadas han recibido nombres especiales (por ejemplo, el newton (N)). Las unidades fundamentales y las derivadas forman el conjunto de unidades denominadas unidades SI coherentes; éstas se denominan así, ya que no aparecen factores numéricos en las unidades derivadas y, por lo tanto, no se requieren factores de conversión. Las unidades que contienen un prefijo se denominan múltiplos o sub-múltiplos, los cuales no pertenecen a las unidades coherentes. Los prefijos se usan para evitar valores numéricos grandes o pequeños. En general, el prefijo se escoge de tal manera que el valor numérico esté entre 0,1 y 1000, aunque esto no siempre es deseable o posible. Finalmente, se ha aceptado un cierto número de unidades que no pertenecen al SI, para usarse junto con las unidades SI; éstas pueden llamarse unidades adicionales.



* Otras se refiere a múltiplos, sub-múltiplos y derivadas de las unidades adicionales y a combinaciones entre las unidades SI fundamentales, SI derivadas, adicionales o múltiplos o sub-múltiplos de todas éstas.

** La Guía SI Sistema Internacional de Unidades del ICONTEC no menciona las unidades suplementarias; éstas son incluidas en el grupo de unidades derivadas

Figura A-1.1 Clasificación de unidades del SI

La tabla A-1.1 introduce las unidades fundamentales y la tabla A-1.2 presenta algunas unidades comunes en el contexto de diseño de elementos de máquinas.

Tabla A-1.1 Unidades SI fundamentales o de base

Magnitud	Unidad SI	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Temperatura	kelvin	K
Corriente eléctrica	ampere	A
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

Tabla A-1.2 Algunas unidades SI fundamentales, SI suplementarias, SI derivadas que tienen nombres especiales y aceptadas que no pertenecen al SI

Magnitud	Unidad SI	Símbolo	Equivalencia	Unidad aceptada que no pertenece al SI	Símbolo
Longitud	metro*	m			
Masa	kilogramo*	kg		tonelada (métrica)	t
Tiempo	segundo*	s		minuto hora día	min h d
Temperatura	kelvin*	K		grado Celsius	°C
Ángulo plano	radián [^]	rad	1 rad = 1 m/m = 1	grado minuto segundo	° ' "
Ángulo sólido	estereoradián [^]	sr	1 rad = 1 m ² /m ² = 1		
Fuerza	newton [^]	N	1 N = 1 kg·m/s ²		
Esfuerzo/Presión	pascal [^]	Pa	1 Pa = 1 N/m ²		
Energía/Trabajo	joule [^]	J	1 J = 1 N·m = 1 kg·m ² /s ²		
Potencia	watt [^]	W	1 W = 1 J/s = 1 kg·m ² /s ³		
Frecuencia**	hertz [^]	Hz	1 Hz = 1 s ⁻¹		

* Unidad fundamental o de base.

[^] Unidad suplementaria. El ICONTEC (Guía SI Sistema Internacional de Unidades) clasifica las dos unidades suplementarias como unidades derivadas.

[^] Unidad SI derivada que tiene nombre especial.

** En la práctica, en el caso de la frecuencia rotacional, ésta suele expresarse en revoluciones por minuto (**r/min**) y revoluciones por segundo (**r/s**). Aunque no hay un consenso, muchos autores recomiendan estas formas de dichas unidades, es decir r/min y r/s, las cuales, según la Guía SI Sistema Internacional de Unidades del ICONTEC, son aceptadas por el SI en lugar de las unidades apropiadas min^{-1} y s^{-1} , respectivamente. Sin embargo, el símbolo r no es una unidad SI ni adicional.

La tabla A-1.3 presenta los prefijos del SI y la tabla A-1.4 presenta algunas unidades inglesas y métricas que son de uso común en diseño mecánico. Después se presentan algunas equivalencias entre unidades.

Tabla A-1.3 Prefijos SI. Se prefieren los prefijos de múltiplos y submúltiplos en pasos de 1000

Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo	Factor
yotta	Y	10^{24}	deci	d	10^{-1}
zetta	Z	10^{21}	centi	c	10^{-2}
exa	E	10^{18}	mili	m	10^{-3}
penta	P	10^{15}	micro	μ	10^{-6}
tera	T	10^{12}	nano	n	10^{-9}
giga	G	10^9	pico	p	10^{-12}
mega	M	10^6	femto	f	10^{-15}
kilo	k	10^3	atto	a	10^{-18}
hecto	h	10^2	zepto	z	10^{-21}
deca	da	10^1	yocto	y	10^{-24}

Tabla A-1.4 Algunas unidades inglesas y métricas

Magnitud	Unidad inglesa	Símbolo	Unidad métrica	Símbolo
Longitud	pie	ft	centímetro	cm
	pulgada	in		
	milla	mi		
Masa	libra masa	lbm	gramo	g
Fuerza	libra fuerza	lbf	kilogramo fuerza (o kilopond)	kgf (kp)
	kilolibra (kilo-pound)	kip		
Esfuerzo/Presión		lbf/in^2 (psi)		kgf/m^2
				kgf/cm^2
Potencia	caballo de fuerza imperial (horse power)	hp		
Temperatura	grados Fahrenheit	$^{\circ}\text{F}$		

Equivalencias aproximadas

Longitud

1 ft = 0.3048 m
 1 ft = 12 in
 1 in = 0.0254 m
 1 mi = 5280 ft = 1.61 km

Tiempo

1 min = 60 s
 1 h = 3600 s
 1 d = 24 h = 86.4 ks

Masa

1 kg = 2.2046 lbm
 1 t = 1000 kg (tonelada aceptada por el SI)
 (1 tonelada corta = 907.2 kg = 2000 lbm)

Fuerza

1 lbf = 0.4536 kgf ó 1 kgf = 2.2046 lbf
 1 kgf = 1 kp = 9.80665 N
 1 kip = 1000 lbf

Momento

1 lbf·ft = 1.3558 N·m
 1 kgf·cm = 0.098066 N·m

Esfuerzo/presión

1 psi = 6.895 kPa
 1 kgf/cm² = 98.066 kPa
 1 ksi = 1000 psi

Potencia

1 hp = 550 ft·lbf/s = 745.7 W

Ángulo plano

1° = ($\pi / 180$) rad
 1 rad = $180^\circ / \pi = 57.2958^\circ$
 1' = 1°/60
 1" = 1'/60 = 1°/3600
 Una revolución es igual a 2π rad

Temperatura

°C = K – 273.15
 (nota: esta ecuación es válida cuando se aplica a valores de temperatura, mas no a diferencias de temperatura: $\Delta T_{emp} = T_{empi} - T_{empj}$)
 $T_{emp} [^\circ\text{C}] = (T_{emp} [^\circ\text{F}] - 32) \times 5/9$
 $T_{emp} [^\circ\text{F}] = (9/5) \times T_{emp} [^\circ\text{C}] + 32$

Notas sobre el uso de unidades del SI y reglas de impresión

- Los símbolos de cantidad (por ejemplo, variables) consisten en una letra (o excepcionalmente dos) del alfabeto latino o griego, a veces con subíndices u otros signos modificadores. Se imprimen en tipo **cursiva** (inclinada); sin embargo, las letras griegas mayúsculas comúnmente no se imprimen en cursiva. Ejemplos: S_u , F , t , ω , Ω y Δ .
- El signo decimal es una **coma**, aunque en muchos países grandes se usa el **punto** (el SI, así como la ISO, aceptan el punto y la coma como separador decimal; en los países de habla inglesa se tiende a usar el punto y en los de habla hispana e idiomas europeos la coma). **En Colombia, por ley, debe usarse la coma.**
- Los nombres de unidades se escriben en minúsculas (por ejemplo, pascal), excepto al comienzo de una oración y la unidad grado Celsius, la cual se escribe con C mayúscula.
- La multiplicación de unidades puede expresarse por el signo de multiplicación “·” (por ejemplo, N·m), por un pequeño espacio (N m) o, si no existe posibilidad de equivocación (con frecuencia la hay), puede omitirse el espacio (Nm).
- La división de unidades puede expresarse como en estos ejemplos: N/m, N·m⁻¹, $\frac{\text{N}}{\text{m}}$, W/(m²·K). Note que el paréntesis es necesario en la última expresión para evitar ambigüedades.

- Debe dejarse un **espacio** entre el valor numérico y la unidad, por ejemplo, 100 N, 23.5 kg, 270 °C, (20 ± 1) nm, excepto para las unidades grado, minuto y segundo y para las unidades de ángulo plano, por ejemplo, 100°, 25', 10.5".
- Las unidades **no** deben imprimirse en cursiva.
- Se recomienda no usar minutos (') ni segundos (").
- Para litro se prefiere “l” en lugar de “L”, aunque ambos son aceptados.

APÉNDICE 2

Propiedades de secciones transversales

A : área de la sección

$J_z = \int_A (x^2 + y^2) dA$: momento polar de inercia con respecto al eje z , a través del centroide de la sección

$I_x = \int_A x^2 dA$: momento rectangular de inercia con respecto al eje x , a través del centroide

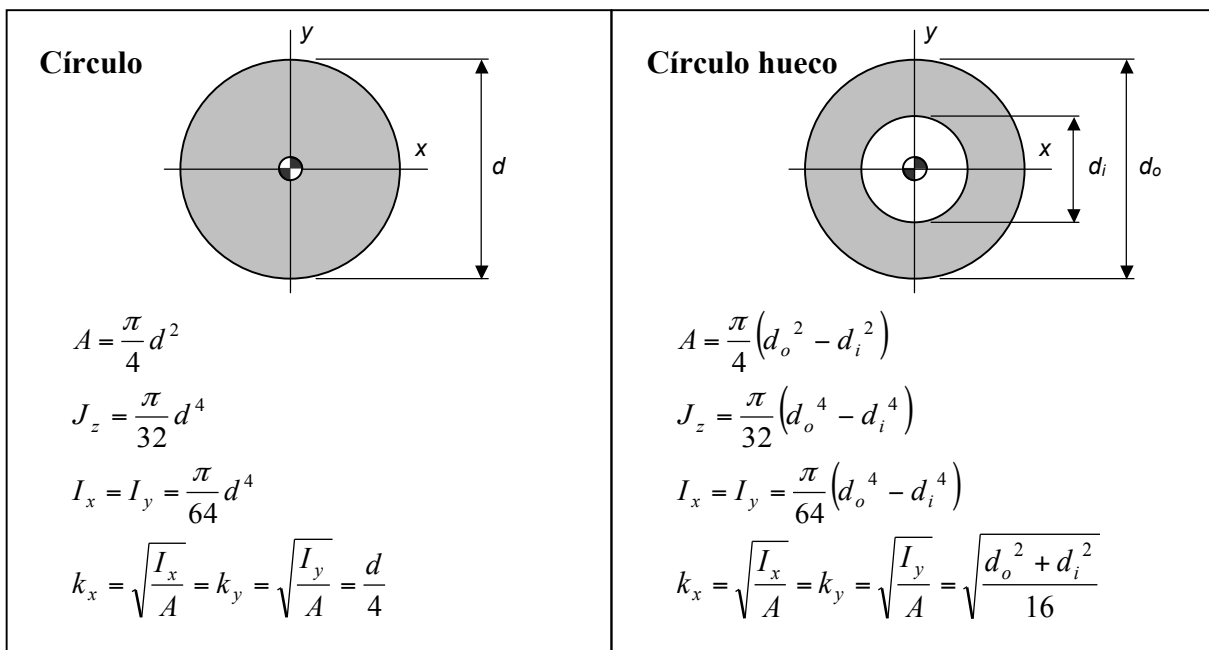
$I_y = \int_A y^2 dA$: momento rectangular de inercia con respecto al eje y , a través del centroide

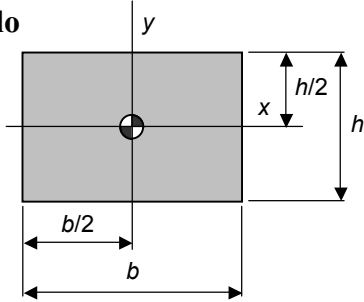
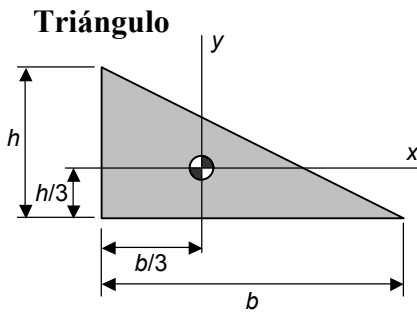
k_x : radio de giro con respecto al eje x

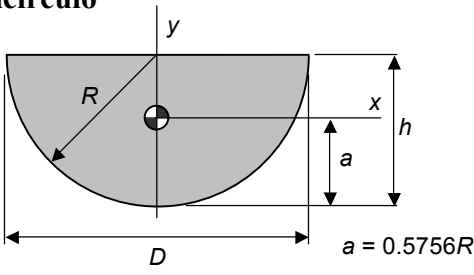
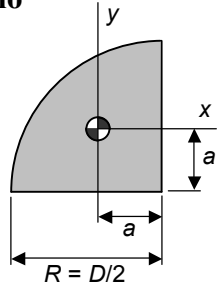
k_y : radio de giro con respecto al eje y

⊙ : centroide de la sección

Eje z : eje perpendicular al plano del papel



<p>Rectángulo</p>  <p> $A = bh$ $J_z = I_x + I_y$ $I_x = \frac{1}{12} bh^3$ $k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \frac{\sqrt{3}}{6} h$ $I_y = \frac{1}{12} hb^3$ $k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \frac{\sqrt{3}}{6} b$ </p>	<p>Triángulo</p>  <p> $A = \frac{bh}{2}$ $J_z = I_x + I_y$ $I_x = \frac{1}{36} bh^3$ $k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \frac{\sqrt{2}}{6} h$ $I_y = \frac{1}{36} hb^3$ $k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \frac{\sqrt{2}}{6} b$ </p>
--	--

<p>Semicírculo</p>  <p> $A = \frac{\pi}{8} D^2$ $J_z = I_x + I_y$ $I_x = 0.1098R^4$ $k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 0.2644R$ $I_y = \frac{\pi}{8} R^4$ $k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \frac{R}{2}$ </p>	<p>Cuadrante de círculo</p>  <p> $a = \frac{4R}{3\pi}$ $A = \frac{\pi}{16} D^2$ $J_z = I_x + I_y$ $I_x = I_y = R^4 \left(\frac{\pi}{16} - \frac{4}{9\pi} \right)$ $k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$ </p>
--	--

APÉNDICE 3

Propiedades de materiales

Se presentan valores **aproximados** de propiedades de algunos materiales de ingeniería, tomados de varias fuentes⁵⁷. En la práctica se recomienda consultar la información del fabricante o, si es necesario, efectuar ensayos sobre el material a utilizar, con el fin de obtener valores más exactos de sus propiedades.

LISTA DE TABLAS

- Tabla A-3.1 Propiedades **FÍSICAS** aproximadas de algunos materiales de ingeniería
 Tabla A-3.2 Propiedades **mecánicas** aproximadas de algunos **aceros al carbono**
 Tabla A-3.3 Propiedades **mecánicas** aproximadas de algunos **aceros aleados**
 Tabla A-3.4 Propiedades **mecánicas** aproximadas de algunas **fundiciones ferrosas**
 Tabla A-3.5 Propiedades **mecánicas** de algunas **aleaciones de aluminio** forjadas y fundidas
 Tabla A-3.6 Propiedades **mecánicas** aproximadas de algunas **aleaciones de cobre**
 Tabla A-3.7 Propiedades **mecánicas y físicas** de algunos **plásticos** de ingeniería

Tabla A-3.1 Propiedades FÍSICAS aproximadas de algunos materiales de ingeniería^Ψ

Material	Módulo de elasticidad <i>E</i>		Módulo de rigidez <i>G</i>		Relación de Poisson <i>ν</i>	Peso específico <i>γ</i>	Densidad de masa <i>ρ</i>
	10 ⁶ psi	GPa	10 ⁶ psi	GPa		kN/m ³	Mg/m ³
Aceros al carbono y aleados	30.0	207	11.7	80.8	0.28	76	7.8
Aceros inoxidables	27.5	190	10.7	74.1	0.28	76	7.8
Fundición de hierro gris	**	**	5.9	40.4	0.27*	71	7.2
Fundición de hierro dúctil	24.5	169	9.4	65.0	0.30	68	6.9
Fundición de hierro maleable	25.0	172	9.6	66.3	0.30	71	7.3
Aleaciones de aluminio	10.4	72	3.9	26.8	0.34	27	2.8
Aleaciones de magnesio	6.5	45	2.4	16.8	0.33	18	1.8
Aleaciones de titanio	16.5	114	6.2	42.4	0.34	43	4.4
Cobre	17.5	121	6.5	44.7	0.35	87	8.9
Cobre al berilio	18.5	128	7.2	49.4	0.29	81	8.3
Latón, bronce	16.0	110	6.0	41.5	0.33	84	8.6
Aleaciones de zinc	12.0	83	4.5	31.1	0.33	65	6.6
Aleaciones de níquel	30.0	207	11.5	79.6	0.30	81	8.3
Vidrio	6.7	46	2.7	18.6	0.24	25	2.6
Madera (abeto Douglas)	1.6	11	0.6	4.1	0.33	4.3	0.44

^Ψ Las propiedades de un material particular pueden diferir mucho de las dadas para una familia de materiales.

* Al consultar varias fuentes se encuentran discrepancias significativas en este valor: desde 0.21 hasta 0.28.

** Ver tabla A-3.4.

⁵⁷ Norton, R.L. (2011) Diseño de máquinas. México: Editorial Prentice-Hall (Pearson), 4ª edición. Shigley, J.E. y Mischke, C.R. (1991) Diseño en ingeniería mecánica. México: McGraw-Hill. Mott, R.L. (1995) Diseño de elementos de máquinas. México: Prentice Hill Hispanoamericana S.A., 2ª ed. Faires, V.M. (1995) Diseño de elementos de máquinas. México: Editorial Limusa, 4ª reimpression. Beer, F. y Johnston E.R.. (1993) Mecánica de materiales. Colombia: McGraw-Hill, 2ª ed. Manual del ingeniero mecánico de Marks (1984) México: McGraw-Hill. Vol. I, 2ª. ed. en español. Tabla de manejo de aceros especiales: Diaco Ltda., Sidelpa S.A. <http://www.sidelpa.com>.

Tabla A-3.2 Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros al carbono

Material		Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u		Elongación (en 2 in)	Dureza Brinell
SAE/AISI	Estado	ksi	MPa	ksi	MPa	%	HB
1010	Laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	Laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1016*	Laminado en caliente	40	275	57	390	25	160
	Estirado en frío (calibrado)	54	370	78	540	10	200
1020	Laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	Laminado en frío	57	393	68	469	15	131
	Recocido	43	296	60	414	38	121
1030	Laminado en caliente	38	260	68	469	20	137
	Normalizado @ 1650 °F	50	345	75	517	32	149
	Laminado en frío	64	441	76	524	12	149
	Templado y revenido @ 1000 °F	75	517	97	669	28	255
	Templado y revenido @ 800 °F	84	579	106	731	23	302
	Templado y revenido @ 400 °F	94	648	123	848	17	495
1035	Laminado en caliente	40	276	72	496	18	143
	Laminado en frío	67	462	80	552	12	163
1040	Laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	Normalizado @ 1650 °F	54	372	86	593	28	170
	Laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	Templado y revenido @ 1200 °F	63	434	92	634	29	192
	Templado y revenido @ 800 °F	80	552	110	758	21	241
	Templado y revenido @ 400 °F	86	593	113	779	19	262
1045	Laminado en caliente	45	310	82	565	16	163
	Laminado en frío	77	531	91	627	12	179
1050	Laminado en caliente	50	345	90	621	15	179
	Normalizado @ 1650 °F	62	427	108	745	20	217
	Laminado en frío	84	579	100	689	10	197
	Templado y revenido @ 1200 °F	78	538	104	717	28	235
	Templado y revenido @ 800 °F	115	793	158	1089	13	444
	Templado y revenido @ 400 °F	117	807	163	1124	9	514
1060	Laminado en caliente	54	372	98	676	12	200
	Normalizado @ 1650 °F	61	421	112	772	18	229
	Templado y revenido @ 1200 °F	76	524	116	800	23	229
	Templado y revenido @ 1000 °F	97	669	140	965	17	277
	Templado y revenido @ 800 °F	111	765	156	1076	14	311
1095	Laminado en caliente	66	455	120	827	10	248
	Normalizado @ 1650 °F	72	496	147	1014	9	293
	Templado y revenido @ 1200 °F	80	552	130	896	21	269
	Templado y revenido @ 800 °F	112	772	176	1213	12	363
	Templado y revenido @ 600 °F	118	814	183	1262	10	375

* Las propiedades dadas para este acero son aproximadas y provienen de la tabla de manejo de aceros especiales: Diaco Ltda., Sidelpa S.A.

Tabla A-3.3 Propiedades mecánicas aproximadas de algunos aceros aleados

Material		Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u		Elongación (en 2 in)	Dureza Brinell
SAE/AISI	Estado	ksi	MPa	ksi	MPa	%	HB
1340	Recocido	63	434	102	703	25	204
	Templado y revenido @ 1300 °F	75	517	100	690	25	235
	Templado y revenido @ 1000 °F	132	910	144	993	17	363
	Templado y revenido @ 700 °F	197	1360	221	1520	10	444
	Templado y revenido @ 400 °F	234	1610	285	1960	8	578
4027	Recocido	47	324	75	517	30	150
	Templado y revenido	113	779	132	910	12	264
4130	Recocido @ 1450 °F	52	359	81	558	28	156
	Normalizado @ 1650 °F	63	434	97	669	25	197
	Templado y revenido @ 1200 °F	102	703	118	814	22	245
	Templado y revenido @ 800 °F	173	1193	186	1282	13	380
	Templado y revenido @ 400 °F	212	1462	236	1627	10	467
4140	Recocido @ 1450 °F	61	421	95	655	26	197
	Normalizado @ 1650 °F	95	655	148	1020	18	302
	Templado y revenido @ 1200 °F	95	655	110	758	22	230
	Templado y revenido @ 800 °F	165	1138	181	1248	13	370
	Templado y revenido @ 400 °F	238	1641	257	1772	8	510
4340	Templado y revenido @ 1200 °F	124	855	140	965	19	280
	Templado y revenido @ 1000 °F	156	1076	170	1172	13	360
	Templado y revenido @ 800 °F	198	1365	213	1469	10	430
	Templado y revenido @ 600 °F	230	1586	250	1724	10	486
5160	Recocido	40	276	105	724	17	197
	Templado y revenido @ 1300 °F	100	690	115	793	23	229
	Templado y revenido @ 1000 °F	151	1040	170	1170	14	341
	Templado y revenido @ 700 °F	237	1630	263	1810	9	514
	Templado y revenido @ 400 °F	260	1790	322	2220	4	627
6150	Recocido	59	407	96	662	23	197
	Templado y revenido @ 1300 °F	107	738	118	814	21	241
	Templado y revenido @ 1000 °F	173	1190	183	1260	12	375
	Templado y revenido @ 700 °F	223	1540	247	1700	10	495
	Templado y revenido @ 400 °F	270	1860	315	2170	7	601
8620*	Laminado en caliente	50	340	92	635	20	200
	Recocido	43	295	78	540	28	160
8740	Recocido	60	414	95	655	25	190
	Templado y revenido	133	917	144	993	18	288

* Las propiedades dadas para este acero son aproximadas. Tomadas de <http://www.sidelpa.com> (este sitio ya no está disponible).

Tabla A-3.4 Propiedades mecánicas aproximadas de algunas fundiciones ferrosas^Ψ

Material		Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u ^{ΨΨ}		Resistencia a la compresión S_{uc}		Módulo de elasticidad E		Dureza Brinell	Elongación (en 2 in)
Tipo	Grado	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	10 ⁶ psi	GPa	HB	%
Hierro gris	ASTM 20	-	-	22	152	83	572	12	83	156	<1
	ASTM 25	-	-	26	179	97	669	13	90	174	<1
	ASTM 30	-	-	31	214	109	752	15	103	201	<1
	ASTM 35	-	-	36.5	252	124	855	16	110	212	<1
	ASTM 40	-	-	42.5	293	140	965	17	117	235	<1
	ASTM 50	-	-	52.5	362	164	1131	19	131	262	<1
	ASTM 60	-	-	62.5	431	187.5	1293	20	138	302	<1
Hierro maleable ASTM A-47-84	32 510	32	221	50	345	Δ	Δ	25	172	120**	10
	35 018	35	241	53	365	Δ	Δ	25	172	130**	18
Hierro dúctil	60-40-18 ^{ΔΔ}	47	324	65	448	52	359	22	152	160	18
	80-55-06 ^{ΔΔ}	53	365	82	565	56	386	22	152	228	6
	120-90-02 *	120	827	140	965	134	924	22	152	325	2

^Ψ Valores típicos. Los valores reales varían de acuerdo con las variables de la fundición y al tamaño de sección de las piezas.

^{ΨΨ} El número ASTM del hierro fundido gris indica la resistencia mínima a la tracción en ksi; por ejemplo, un hierro gris ASTM 20 tiene una resistencia mínima a la tracción de 20 ksi. Los valores dados en la tabla son típicos.

Δ Para materiales similares a éstos, Faires¹ plantea que la resistencia a la compresión se toma igual a aquella en tracción.

ΔΔ Recocido.

* Templado y revenido.

** Valores aproximados.

Tabla A-3.5 Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio forjadas y fundidas

Material			Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u		Elongación (en 2 in)	Dureza Brinell
Tipo	Número AA*	Grado	ksi	MPa	ksi	MPa	%	HB
Forjado	2017	O	10	69	26	179	22	45
	2024	O	11	76	27	186	22	47
	2024	T3	50	345	70	483	16	120
	2024	T4	47	324	68	469	19	
	3003	H12	17	117	19	131	20	35
	3003	H16	24	165	26	179	14	47
	3004	H34	27	186	34	234	12	63
	3004	H38	34	234	40	276	6	77
	5052	H32	27	186	34	234	18	62
	5052	H36	34	234	39	269	10	74
	7075	T6	73	503	83	572	11	
Fundido	319.0**	T6	24	165	36	248	2.0	80
	333.0 ^Ψ	T5	25	172	34	234	1.0	100
	333.0 ^Ψ	T6	30	207	42	290	1.5	105
	355.0**	T6	25	172	35	241	3.0	80
	355.0**	T7	36	248	38	262	0.5	85

* Aluminum Association.

** Colado en arena.

^Ψ Colado en molde permanente.

⁵⁸ Faires, V.M. (1995) Diseño de elementos de máquinas. México: Editorial Limusa, 4ª reimpression.

Tabla A-3.6 Propiedades mecánicas aproximadas de algunas aleaciones de cobre ^ψ

Material		Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u		Módulo de elasticidad E		Elongación (en 2 in)
		ksi	MPa	ksi	MPa	10 ⁶ psi	GPa	
Cobre libre de O ₂ (99% Cu)	Recocido	10	70	32	220	17	120	45
	Endurecido	53	365	57	390	17	120	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)	Laminado en frío	60	415	74	510	15	105	8
	Recocido	15	100	46	315	15	105	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)	Laminado en frío	63	435	85	585	17	120	3
	Recocido	10	70	39	270	17	120	48
Estaño bronce (88% Cu, 8% Sn, 4% Zn)		21	145	45	310	14	95	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)		48	330	95	655	15	105	20
Aluminio bronce (81% Cu, 4% Ni, 4% Fe, 11% Al)		40	275	90	620	16	110	6

^ψ Fuente: Beer y Johnston⁵⁹.

Tabla A-3.7 Propiedades mecánicas y físicas de algunos plásticos de ingeniería ^ψ

Material	Módulo de elasticidad aproximado E		Resistencia máxima a la tracción S_u		Resistencia máxima a la compresión S_{uc}		Elongación (en 2 in)	Temperatura máxima	Densidad de masa ρ
	10 ⁶ psi	GPa	ksi	MPa	ksi	MPa			
ABS	0.3	2.1	6.0	41	10.0	69	5 a 25	70-95	1.05
ABS con 20-40% de vidrio	0.6	4.1	10.0	69	12.0	83	3	95-110	1.30
Acetal	0.5	3.4	8.8	61	18.0	124	60	105	1.41
Acetal con 20-30% de vidrio	1.0	6.9	10.0	69	18.0	124	7	85-105	1.56
Acrílico	0.4	2.8	10.0	69	15.0	103	5	60-90	1.18
Fluoroplástico (FTFE)	0.2	1.4	5.0	35	6.0	41	100	175-165	2.10
Nylon 6/6	0.2	1.4	10.0	69	10.0	69	60	80-150	1.14
Nylon 11	0.2	1.3	8.0	55	8.0	55	300	80-150	1.04
Nylon 11, 20-30% de vidrio	0.4	2.5	12.8	88	12.8	88	4	120-170	1.26
Polycarbonato	0.4	2.4	9.0	62	12.0	83	100	120	1.20
... con 10-40% de vidrio	1.0	6.9	17.0	117	17.0	117	2	135	1.35
Polietileno HMW	0.1	0.7	2.5	17	-	-	525	-	0.94
Óxido de polifenileno	0.4	2.4	9.6	66	16.4	113	20	100	1.06
... con 20-30% fibra de vidrio	1.1	7.8	15.5	107	17.5	121	5	125	1.23
Polipropileno	0.2	1.4	5.0	35	7.0	48	500	120-160	0.90
... con 20-30% de vidrio	0.7	4.8	7.5	52	6.2	43	2	150-160	1.10
Poliestireno de alto impacto	0.3	2.1	4.0	28	6.0	41	2 a 80	60-80	1.07
... con 20-30% de vidrio	0.1	0.7	12.0	83	16.0	110	1	80-95	1.25
Polisulfona	0.4	2.5	10.2	70	13.9	96	50	150-175	1.24

^ψ Modificada de Norton⁶⁰.

⁵⁹ Beer, F. y Johnston, E.R. (1993) Mecánica de materiales. Colombia: McGraw-Hill, 2ª edición.

⁶⁰ Norton, R.L. (2011). Diseño de máquinas. México: Editorial Prentice-Hall (Pearson), 4ª edición.

APÉNDICE 4

Algunas clases y productos de acero nacionales

Este apéndice contiene información sobre los perfiles de **acero laminado en caliente** producidos por Acerías de Caldas S.A. (ACASA)⁶¹, empresa situada en la ciudad de Manizales (Colombia). Se pretende que el estudiante se familiarice con el tipo de información que se puede encontrar en los catálogos de los fabricantes y distribuidores de materiales de ingeniería. **Para aplicaciones reales debería consultarse el catálogo o la información respectiva del fabricante.**

Tabla A-4.1 Perfiles de acero fabricados mediante el proceso de laminado en caliente

Perfil	Dimensiones nominales*	Clases de acero**
Ángulos de alas iguales	1 1/2" × 1 1/2" × 1/8" - 3/16" - 1/4"	ASTM A-36 ASTM A-572 ASTM A-242 ASTM A-588
	1 3/4" × 1 3/4" × 1/8" - 3/16" - 1/4"	
	2" × 2" × 1/8" - 3/16" - 1/4"	
	2 1/2" × 2 1/2" × 3/16" - 1/4"	
	3" × 3" × 1/4" - 5/16" - 3/8"	
	4" × 4" × 1/4" - 5/16" - 3/8" - 1/2"	
Ángulos de alas desiguales	3" × 2" × 3/16" - 1/4"	ASTM A-36 ASTM A-572
	3" × 2 1/2" × 3/16" - 1/4"	
Canales	3" × 4.1 lbf/ft	ASTM A-36 ASTM A-572
	4" × 5.4 lbf/ft	
Platinas	3" × 3/8" - 1/2" - 5/8"	AISI 1045 AISI 1060
	3 1/2" × 3/4" - 1" - 1 1/4"	
	4" × 3/8" - 1/2" - 5/8" - 3/4"	
Cuadrados	46 mm, 57 mm, 68 mm, 64 mm	AISI 1045 AISI 1060
Redondos lisos	7/8" - 1" - 1 1/8" - 1 1/4" - 1 3/8" - 1 1/2" - 1 5/8" - 1 7/8" - 2" - 2 1/8"	AISI 1016 AISI 1030 AISI 1045 AISI 1060

* Ver tablas A-4.3 a A-4.5, las cuales contienen información ampliada de algunos perfiles.

** Ver tabla A-4.2, la cual contiene información detallada sobre los aceros listados.

⁶¹ Fuente: Catálogo de ACASA: código: VT-CG-DT-01. Manizales: Editar S.A., diciembre de 2000, 3ª edición.

Tabla A-4.2 Algunas clases de aceros estructurales y de uso industrial laminados en caliente

Acero laminado en caliente	Composición química de colada		Resistencia de fluencia mínima, S_y		Resistencia a la tracción mínima, S_u		Elongación mínima ^{ΔΔ} (en 200 mm)	Características y aplicaciones
			MPa	ksi	MPa	ksi	%	
ASTM A-36 (NTC 1920)	Carbono (C): 0.26% máx. Manganeso (Mn): no hay requisito Fósforo (P): 0.04% máx. Azufre (S): 0.05% máx. Silicio (Si): 0.40% máx. *Cobre (Cu): 0.20% mín.		250	36	400	58	12.5 a 20.0: 12.5 (1/8") 15.0 (3/16") 17.5 (1/4") 19.5 (5/16") 20(1/2"-3/8")	Acero estructural al carbono. Estructuras metálicas, puentes, torres de energía y para comunicación, edificaciones soldadas, remachadas o atornilladas, herrajes eléctricos y señalización
ASTM A-572^Δ (NTC 1985)	Grado 42 %C = 0.21	%Mn(máx) = 1.35	290	42	415	60	12.5 a 20.0	Acero estructural HSLA**, al Columbio (Niobio) – Vanadio. Para ahorro de peso. Estructuras metálicas, puentes, torres de energía y para comunicación, edificaciones soldadas, remachadas o atornilladas, herrajes eléctricos y señalización
	Grado 50 %C = 0.23	%P (máx.) = 0.04 %S (máx.) = 0.05	345	50	450	65	10.5 a 18.0	
	Grado 60 %C = 0.26	%Si (max) = 0.40 + iobio o Vanadio	415	60	520	75	8.5 a 16.0	
	Grado 65 %C = 0.26	+Cobre*	450	65	550	80	7.5 a 15.0	
ASTM A-242 (NTC 1950)	Carbono (C): 0.15% máx. Manganeso (Mn): 1% máx. Fósforo (P): 0.15% máx. Azufre (S): 0.05% máx. Cobre (Cu): 0.20% mín. Microaleante: Niobio o Vanadio		345	50	485	70	10.5 a 18.0	Acero HSLA**. Para ahorro de peso y aumento de durabilidad; buena resistencia a la corrosión. Construcciones soldadas, remachadas o atornilladas
ASTM A-588 Grado B (NTC 2012)	Carbono (C): 0.20% máx. Mang. (Mn): 0.75-1.35% Silicio (Si): 0.15-0.50% Fósforo (P): 0.04% máx. Azufre (S): 0.05% máx. Cobre (Cu): 0.20-0.40% Níquel (Ni): 0.50% máx. Cromo (Cr) : 0.40-0.70% Vanadio: 0.01-0.10%		345	50	485	70	10.5 a 18.0	Acero estructural HSLA**. Buena resistencia a la corrosión. Estructuras, puentes, torres de energía, edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas
AISI 1016	% C = 0.13-0.18	%Mn = 0.60-0.90	ψ					Aceros al carbono de uso industrial. Herramientas agrícolas y para la construcción forjadas, árboles de trans., partes agrícolas, elementos de fijación, cadenas eslabonadas
AISI 1030	% C = 0.28-0.34	%P (máx.) = 0.040						
AISI 1045	% C = 0.43-0.50	%S (máx.) = 0.050						
AISI 1060	% C = 0.55-0.65							

^ψ No están disponibles las propiedades mínimas; los valores **promedio** de estos aceros pueden tomarse de la tabla A-3.2.

* Cuando se especifique acero al cobre; debe tener mínimo un contenido de 0.20% de cobre.

** HSLA: High-Strength Low-Alloy (alta resistencia y baja aleación).

^Δ Acero de alta resistencia, debido a la adición de microaleantes (Niobio o Vanadio), lográndose una reducción de peso. Pueden presentarse tres tipos de acero en cada grado. Tipo 1: 0.005% a 0.05% de columbio (niobio); tipo 2: 0.01% a 0.15% de vanadio; y tipo 3: 0.05% máximo de niobio y 0.02% a 0.15% de vanadio.
El grado del acero ASTM A-572 equivale a la resistencia de fluencia en ksi.

^{ΔΔ} Según el espesor del ángulo: el límite inferior corresponde a un espesor de 1/8", y el superior a uno de 1/2" ó 3/8".

Tabla A-4.3 Ángulos de alas iguales. Dimensiones y propiedades

Ancho de las alas ($D \times B$)		Espesor (t_h)		Área	$I_{xx} = I_{yy}$	$Z_{xx} = Z_{yy}$	$k_{xx} = k_{yy}$	$\bar{x} = \bar{y}$	k_{zz}	Peso
(in × in)	(mm × mm)	(in)	(mm)	(cm ²)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm)	(cm)	(cm)	(kgf/m)
4"×4"	101.6×101.6	1/4	6.35	12.50	124.86	18.03	3.17	2.77	2.03	9.82
4"×4"	101.6×101.6	5/16	7.94	15.50	153.99	21.30	3.15	2.84	2.00	12.20
4"×4"	101.6×101.6	3/8	9.53	18.50	184.79	24.58	3.12	2.89	2.00	14.58
4"×4"	101.6×101.6	1/2	12.70	24.40	233.07	32.78	3.10	3.00	1.98	19.50
3"×3"	76.2×76.2	1/4	6.35	9.30	49.94	9.51	2.36	2.13	1.49	7.29
3"×3"	76.2×76.2	5/16	7.94	11.50	62.43	11.61	2.34	2.20	1.49	9.08
3"×3"	76.2×76.2	3/8	9.53	13.60	74.92	13.60	2.31	2.26	1.47	10.71
3"×3"	76.2×76.2	1/2	12.70	17.70	91.56	18.03	2.29	2.36	1.47	13.99
2 1/2"×2 1/2"	63.5×63.5	1/8	3.18	3.93	15.81	3.45	2.00	1.70	1.24	3.10
2 1/2"×2 1/2"	63.5×63.5	3/16	4.76	5.80	22.89	4.92	1.98	1.75	1.24	4.57
2 1/2"×2 1/2"	63.5×63.5	1/4	6.35	7.66	29.13	6.39	1.95	1.82	1.24	6.10
2"×2"	50.8×50.8	1/8	3.18	3.09	7.91	2.13	1.60	1.39	1.01	2.46
2"×2"	50.8×50.8	3/16	4.76	4.57	11.24	3.14	1.57	1.44	0.99	3.63
2"×2"	50.8×50.8	1/4	6.35	6.07	14.57	4.10	1.55	1.49	0.99	4.75
1 3/4"×1 3/4"	44.45×44.45	1/8	3.18	2.72	5.24	1.62	1.39	1.23	0.88	2.14
1 3/4"×1 3/4"	44.45×44.45	3/16	4.76	4.01	7.45	2.36	1.36	1.29	0.87	3.15
1 3/4"×1 3/4"	44.45×44.45	1/4	6.35	5.25	9.45	3.05	1.34	1.34	0.87	4.12
1 1/2"×1 1/2"	38.1×38.1	1/8	3.18	2.32	3.33	1.15	1.19	1.06	0.76	1.83
1 1/2"×1 1/2"	38.1×38.1	3/16	4.76	3.42	4.58	1.64	1.17	1.11	0.74	2.68
1 1/2"×1 1/2"	38.1×38.1	1/4	6.35	4.45	5.83	2.13	1.14	1.19	0.74	3.48
1"×1"	25.4×25.4	1/8	3.18	1.48	0.83	0.49	0.76	0.76	0.50	1.19
1"×1"	25.4×25.4	3/16	4.76	2.18	1.25	0.66	0.76	0.81	0.48	1.73
1"×1"	25.4×25.4	1/4	6.35	2.84	1.78	0.98	0.74	0.86	0.50	2.22

Tabla A-4.4 Perfiles en C. Dimensiones (norma de fabricación ASTM A6/AGM)

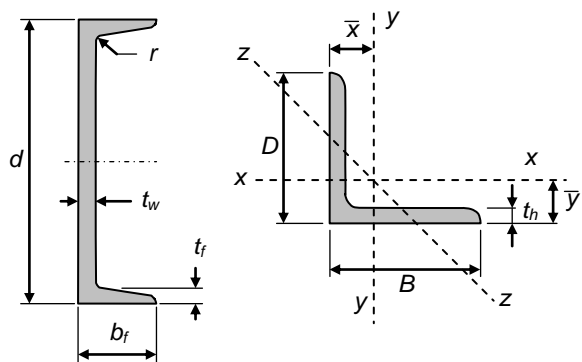
Dimensión nominal (d) × peso por unidad de longitud	Área	Profundidad d	Ancho del ala b_f	Espesor del ala t_f	Espesor del alma t_w	Radio r
mm × kgf/m	(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
101.6 × 8.03	40.39	101.6	40.23	7.51	4.67	7.5
76.2 × 6.1	30.73	76.2	35.81	6.93	4.32	7.0

Tabla A-4.5 Barras de sección circular. Especificaciones dimensionales

Diámetro	Tolerancias en el diám.*		Óvalo**	
	in	mm	in	mm
7/8	0.008	0.2	0.012	0.30
1	0.009	0.23	0.013	0.33
1 1/8	0.01	0.254	0.015	0.38
1 1/4	0.011	0.279	0.016	0.40
1 3/8	0.012	0.3	0.018	0.46
1 1/2	0.014	0.36	0.021	0.53
1 3/4	1/64	0.39	0.023	0.58
1 7/8	1/64	0.39	0.023	0.58
2	1/64	0.39	0.023	0.58
2 1/8	1/64	0.39	0.023	0.58

* Corresponden a las desviaciones inferior y superior. Tomadas de la Norma Técnica Colombiana NTC-4537

** Es la diferencia entre los diámetros máximo y mínimo de la barra medidos en la misma sección transversal



Perfil en C

Ángulo de alas iguales

APÉNDICE 5

Factores de concentración de esfuerzos

Este apéndice presenta curvas para la determinación de factores de concentración de esfuerzos (K_t) para una serie de casos comunes. La información de estas curvas ha sido tomada de diferentes fuentes⁶². Se dan las ecuaciones para el cálculo de los esfuerzos nominales (S_o y S_{os}).

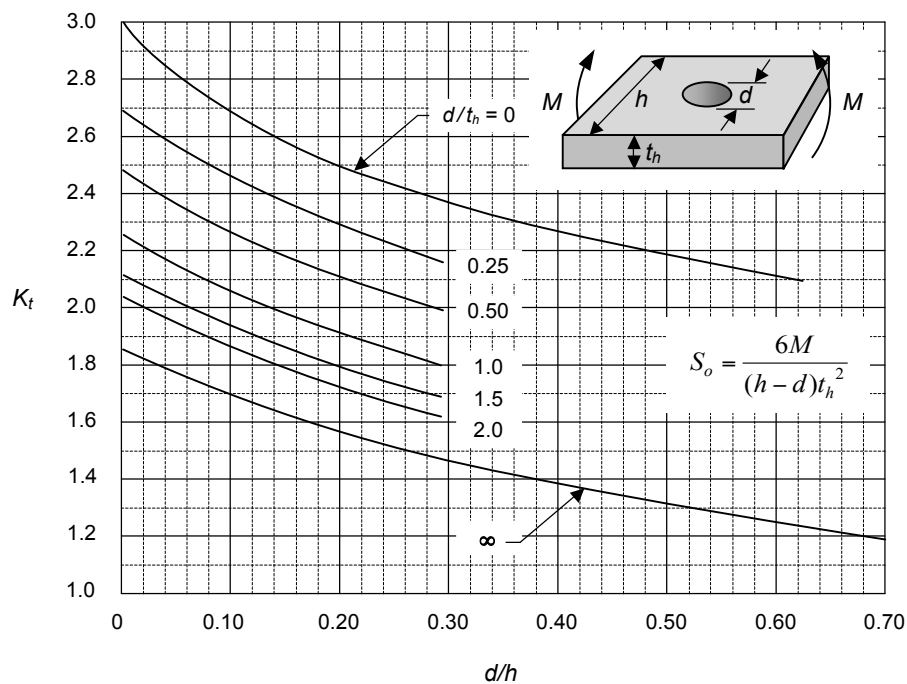


Figura A-5.1 Placa plana con agujero transversal pasante sometida a flexión

⁶² Norton, R.L. (2011). Diseño de máquinas. México: Editorial Prentice-Hall (Pearson), 4ª edición. Shigley, J.E. y Mischke, C.R. (1991) Diseño en ingeniería mecánica. México: McGraw-Hill. Peterson, R.E. (1951) Design factors for stress concentration, Parts 1 to 5. Machine design, Febrero - Julio de 1951. Cleveland, Ohio: Penton Publishing. Faires, V.M. (1995) Diseño de elementos de máquinas. México: Editorial Limusa, 4ª reimpresión.

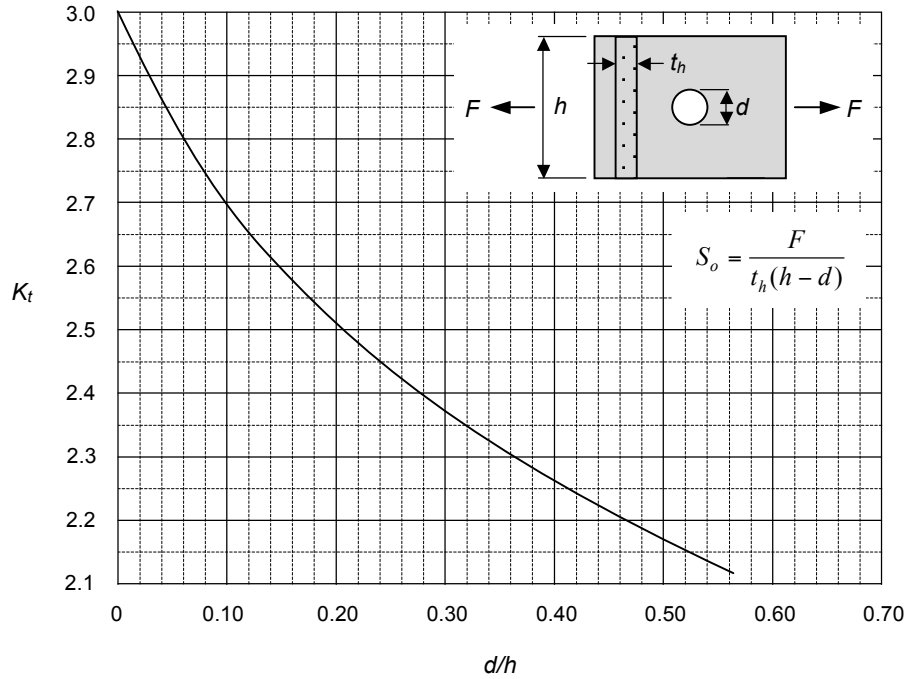


Figura A-5.2 Placa plana con agujero central pasante sometida a carga axial. Puede usarse también para flexión (FAIRES, V. M.. Diseño de Elementos de Máquinas. México: Ed. Limusa, 1995. 4ª Reimpresión)

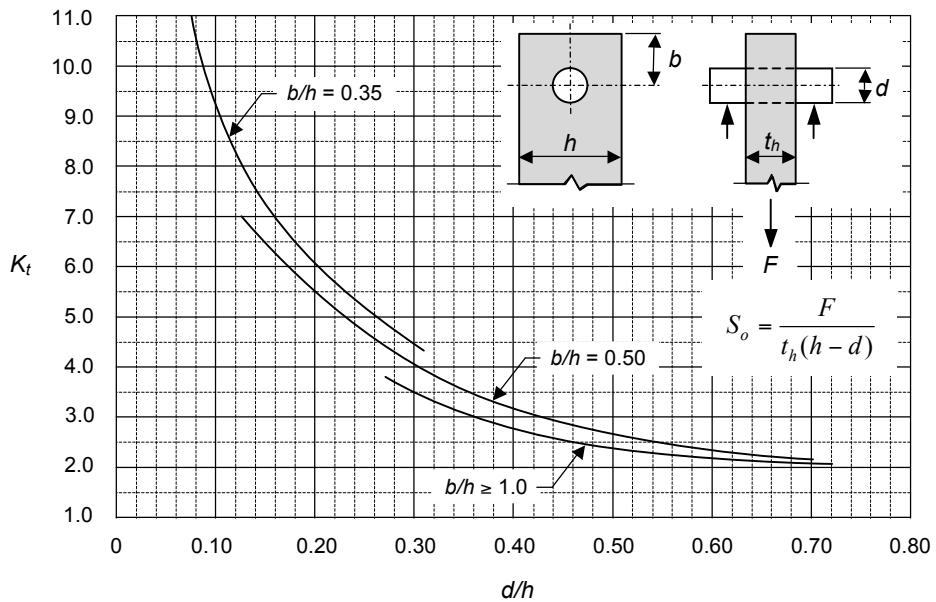


Figura A-5.3 Placa plana con pasador en agujero sometida a carga axial. Cuando exista holgura, K_t debe incrementarse entre 35% y 50% (SHIGLEY, J. y MISCHKE, C.. Diseño en Ingeniería Mecánica. México: McGraw-Hill, 1991)

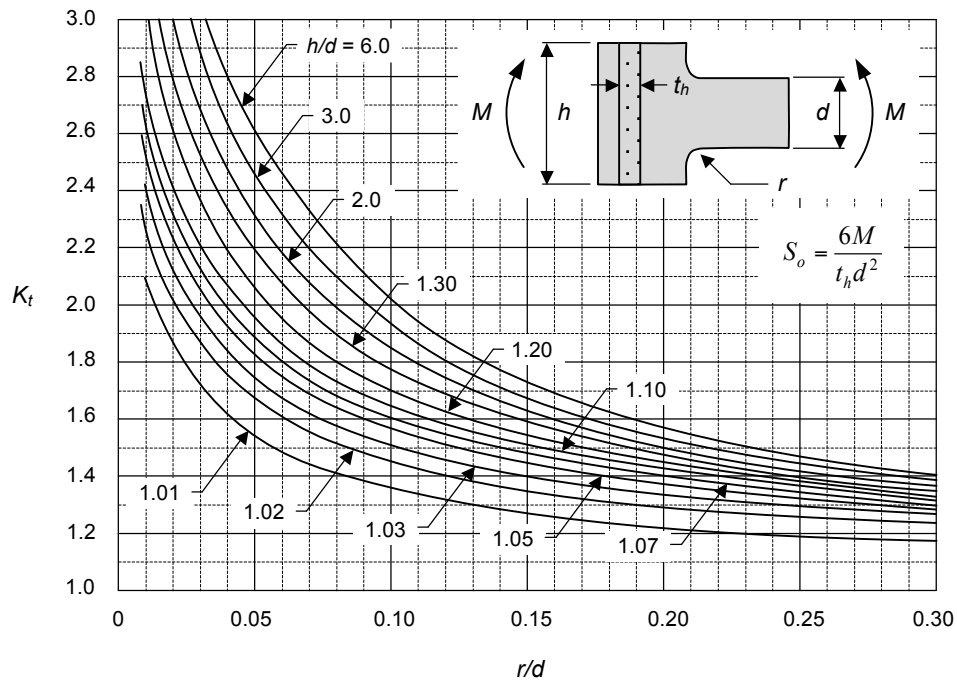


Figura A-5.4 Placa plana con cambio de sección sometida a flexión

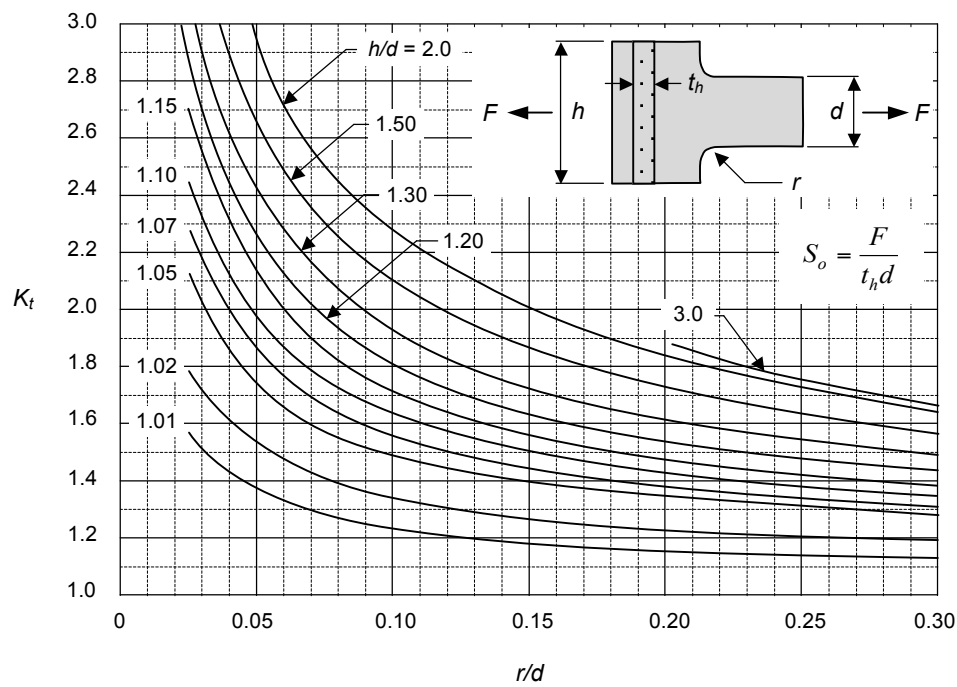


Figura A-5.5 Placa plana con cambio de sección sometida a carga axial

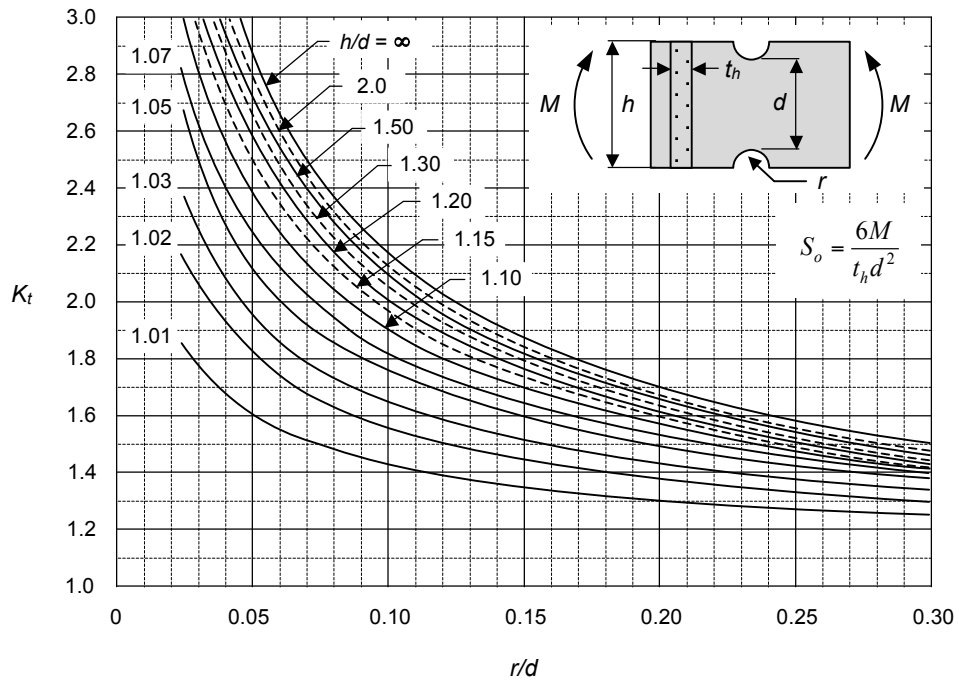


Figura A-5.6 Placa plana con entallas sometida a flexión

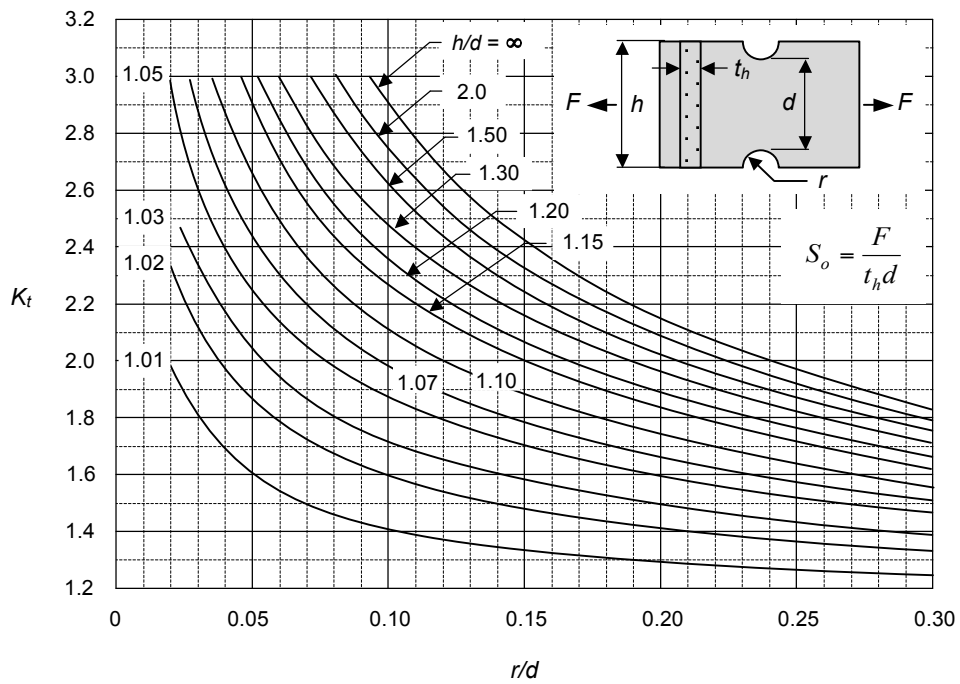


Figura A-5.7 Placa plana con entallas sometida a carga axial

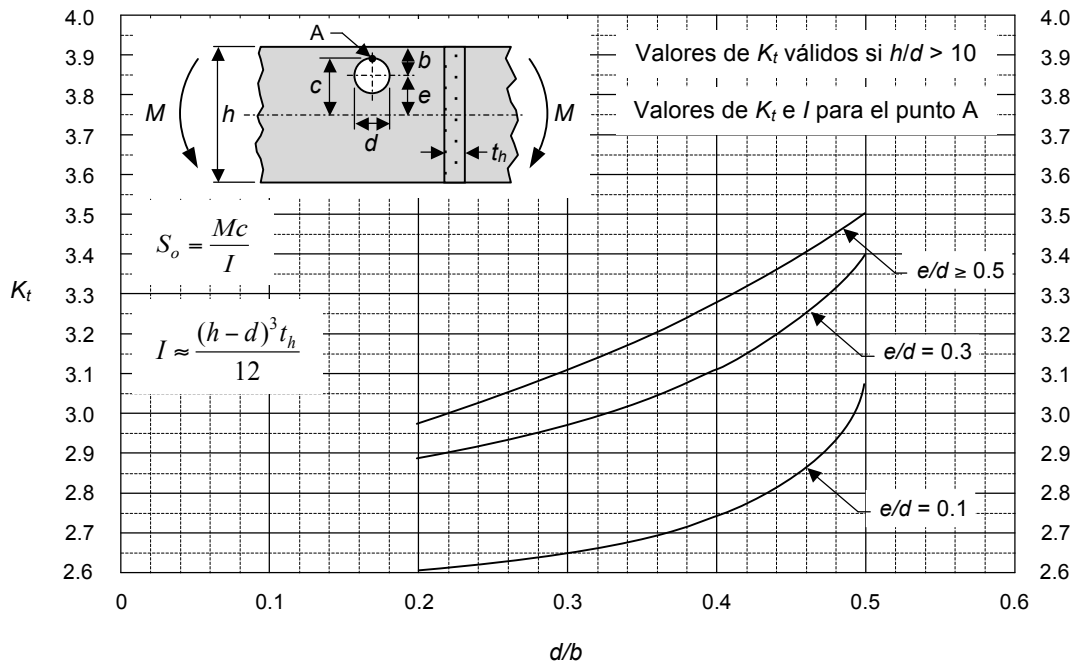


Figura A-5.8 Placa plana con agujero excéntrico sometida a **flexión**. Si $h < 20d$, K_t es menor de lo indicado

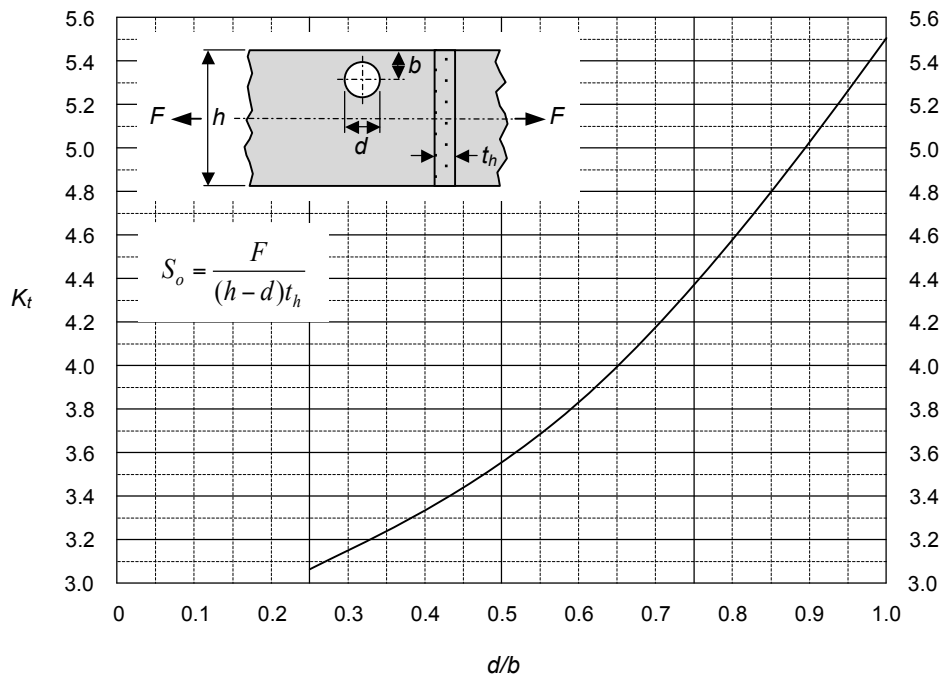


Figura A-5.9 Placa plana con agujero excéntrico sometida a **tracción**

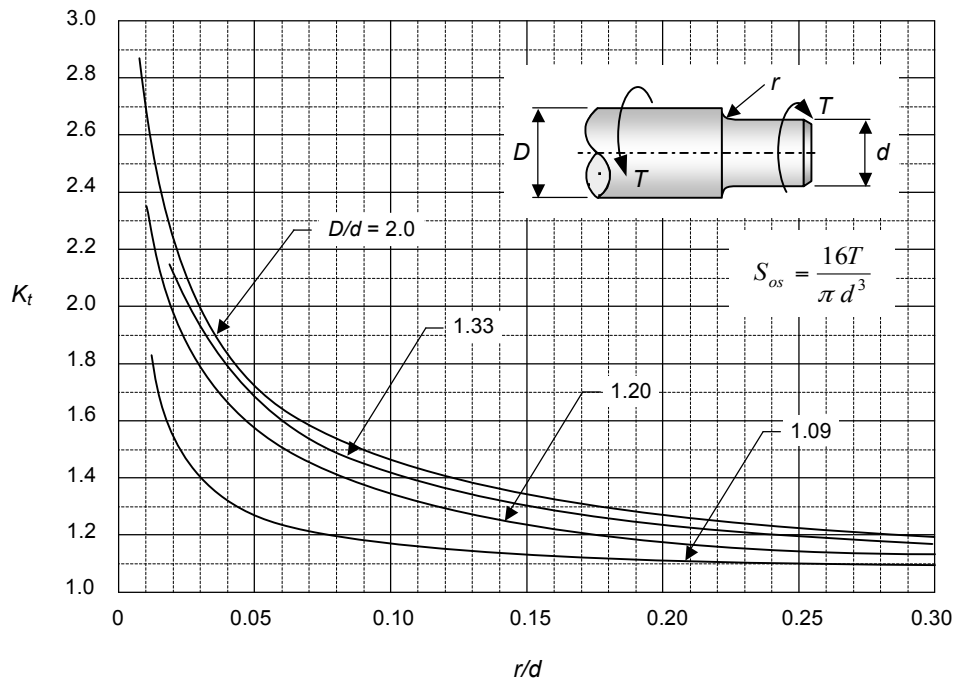


Figura A-5.10 Eje de sección circular con cambio de sección sometido a torsión

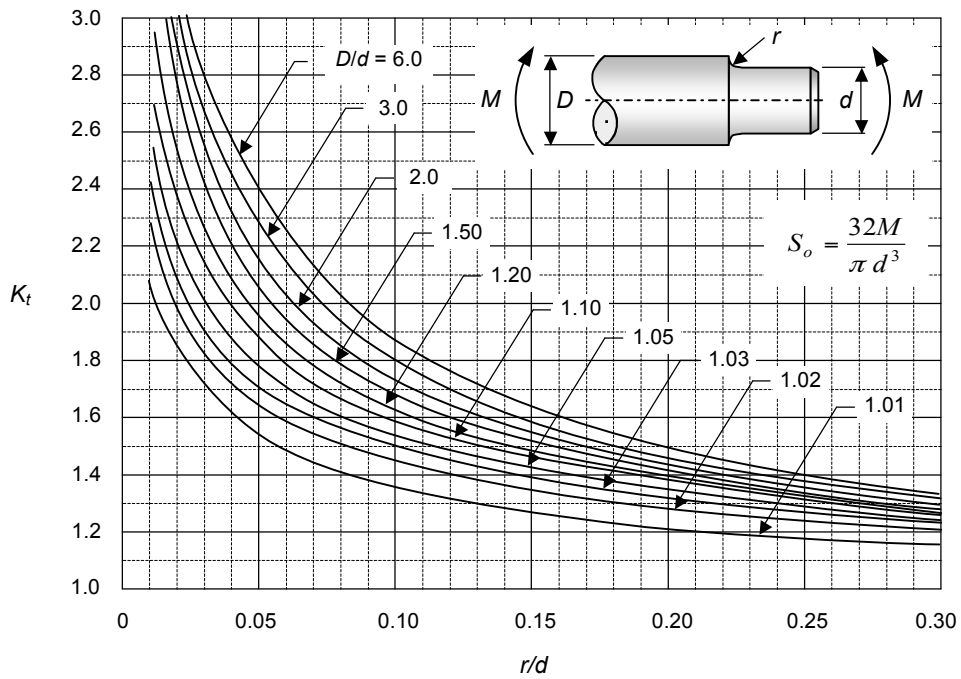


Figura A-5.11 Eje de sección circular con cambio de sección sometido a flexión

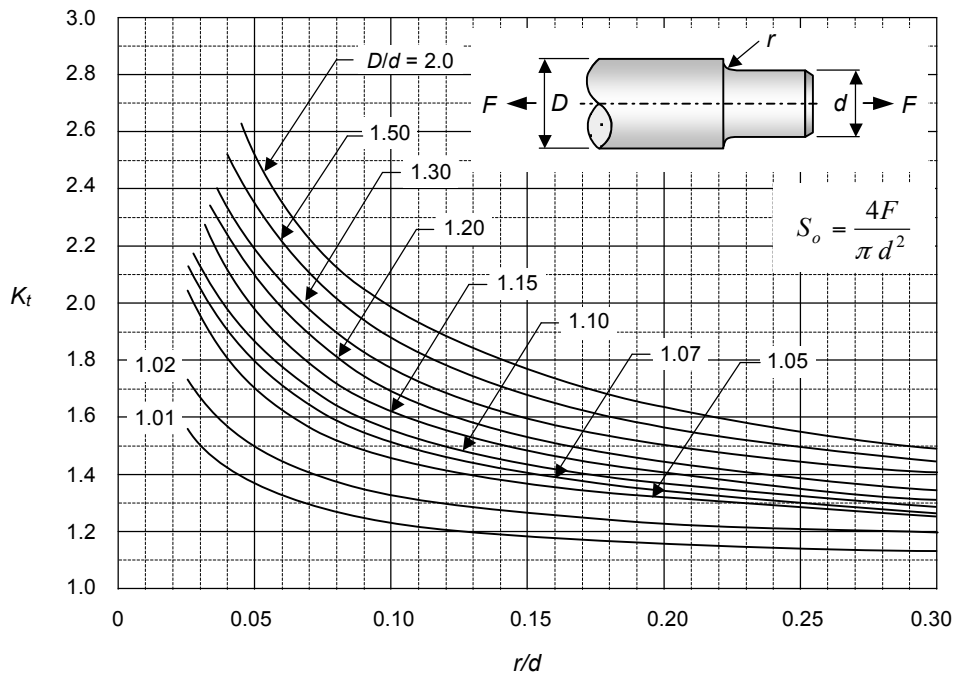


Figura A-5.12 Eje de sección circular con cambio de sección sometido a carga axial

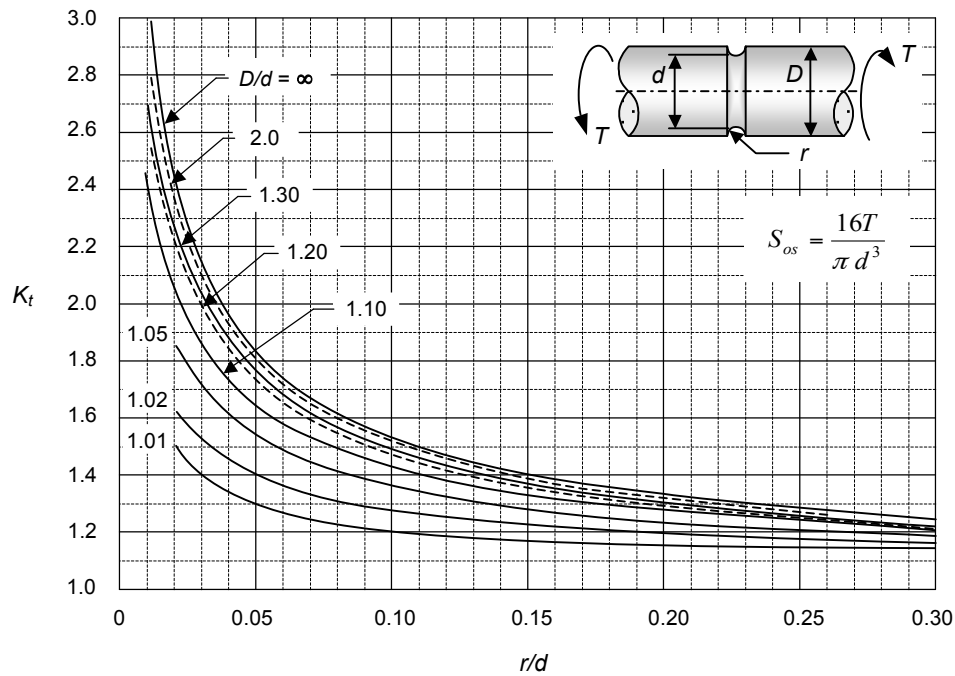


Figura A-5.13 Eje de sección circular con ranura anular sometido a torsión

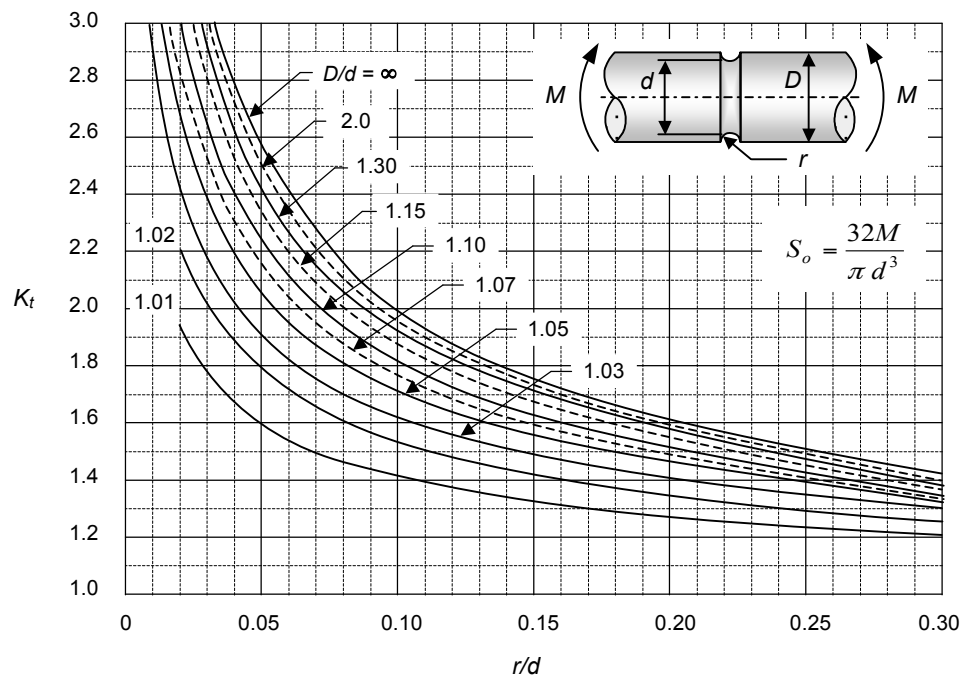


Figura A-5.14 Eje de sección circular con ranura anular sometido a flexión

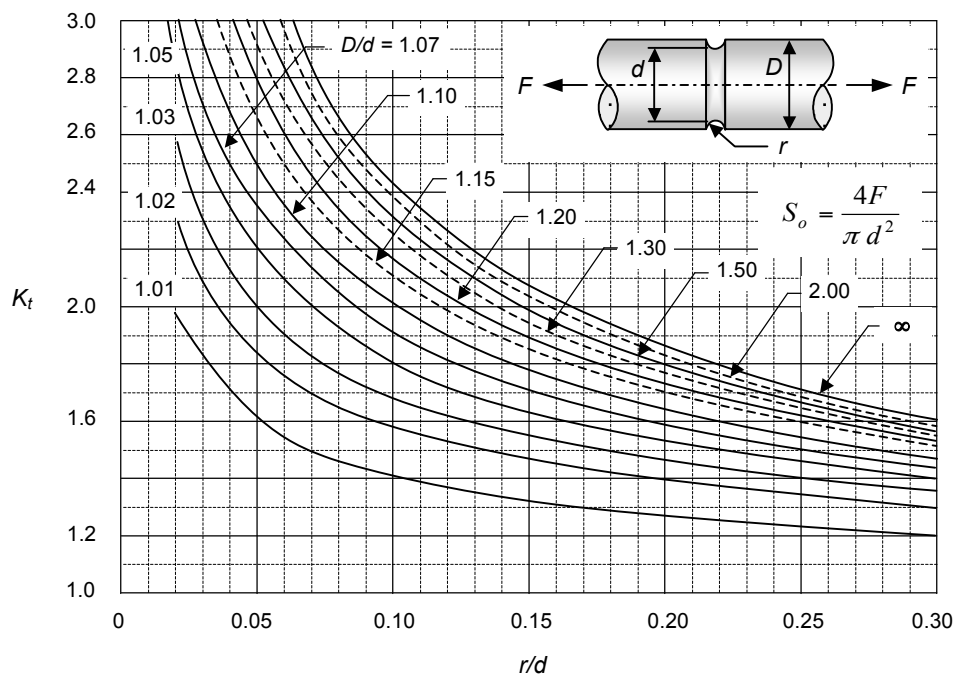


Figura A-5.15 Eje de sección circular con ranura anular sometido a carga axial

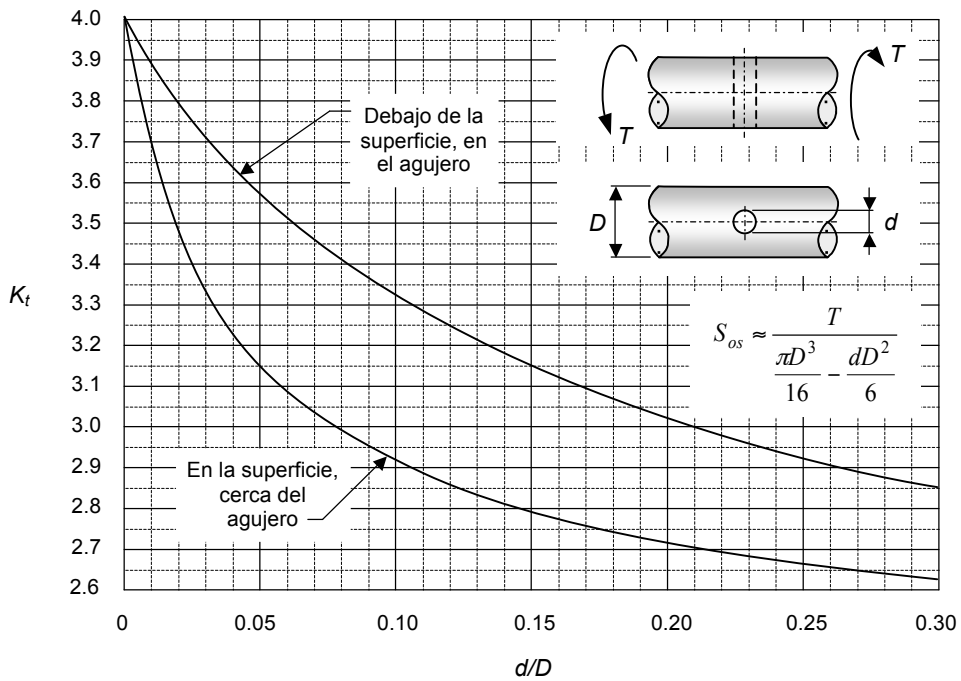


Figura A-5.16 Eje de sección circular con agujero pasante sometido a **torsión**

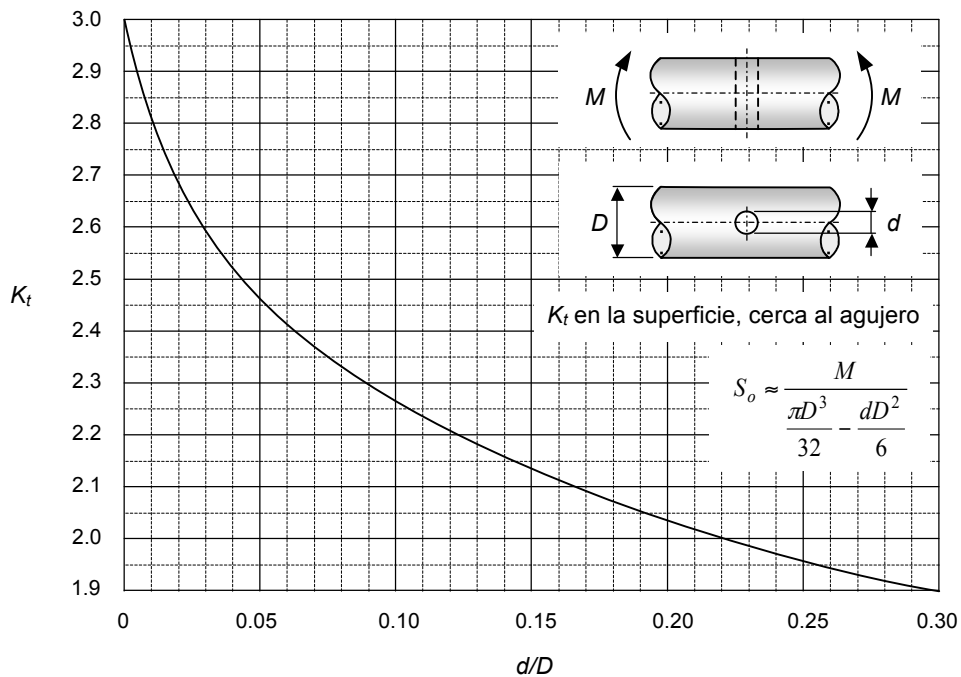
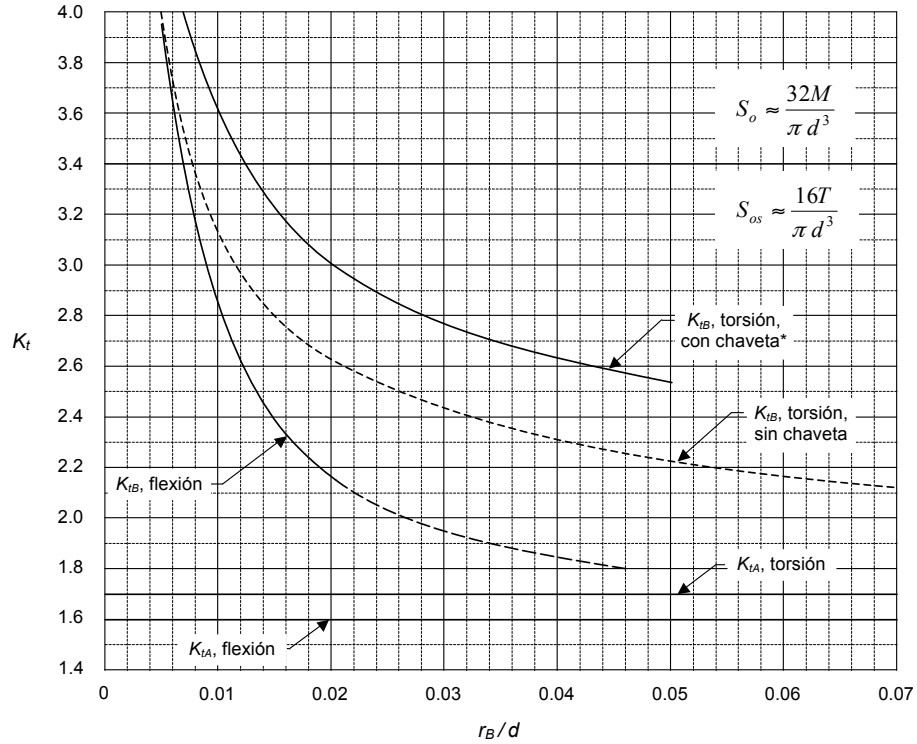


Figura A-5.17 Eje de sección circular con agujero pasante sometido a **flexión**



Notas:

- Fuente: Peterson, R.E. (1974) Stress Concentration Factors. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc. Peterson tomó o adaptó estas curvas de otros trabajos
- A: punto en la superficie, B: punto en el redondeo del chavetero
- Según norma ANSI B17.1-1967, $b = d/4$ y $h/2 = d/8$ son valores promedios aproximados para $d \leq 6.5$ in (según Peterson, $b \approx d/4$ y $h/2 \approx 0.09d$ para $d > 6.5$ in). Además, el valor promedio sugerido de r_B/d es de aproximadamente $1/48 \approx 0.0208$ para $d \leq 6.5$ in y 0.0156 para $d > 6.5$ in
- * La curva de K_{tB} para torsión con chaveta corresponde a valores aproximados al final de la chaveta cuando el par de torsión se transmite a través de una chaveta de $2.5d$ de longitud

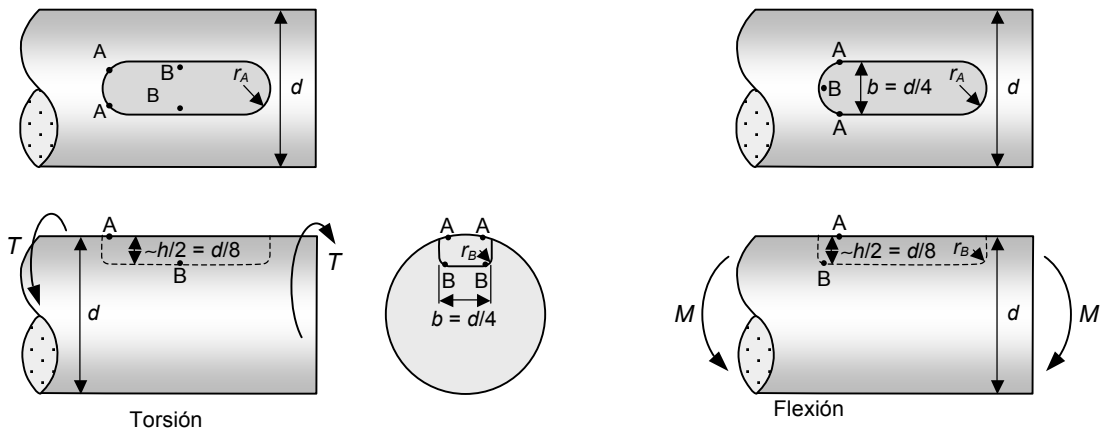


Figura A-5.18 Eje con chavetero de perfil estándar sometido a torsión o flexión

APÉNDICE 6

Dimensiones preferidas

Se ha adoptado internacionalmente que cualquier dimensión sea elegida preferentemente dentro de las series Renard o **números** normales (con ciertas variantes), las cuales son términos de progresiones geométricas, cuya razón es una raíz de 10. La tabla A-6.1 muestra parte de las **dimensiones** normales (preferidas) (de 10 a 105), las cuales siguen sensiblemente las series de **números** normales (todos éstos regulados por **normas ISO**). Son más preferidos los datos de la primera columna (serie R5), luego los de la segunda (serie R10), etc.

Tabla A-6.1 Dimensiones normales (variante de las series Renard o de números normales)*

Orden de preferencia en la elección					Orden de preferencia en la elección				
1° (R5)	2° (R10)	3° (R20)	4° (R40)	5° [‡]	1° (R5)	2° (R10)	3° (R20)	4° (R40)	5° [‡]
10	10 12	10 11 12					45	48	46
		14	13 15			50	50	52	55
16	16	16 18	17				56	60	58
	20	20	19 21		63	63	63		62 65
		22	24	23			70	68	72
25	25	25 28	26			80	80	75	78
	32	32	30 34					85	82 88
		36	38	35			90	95	92
40	40	40	42	44	100	100	100	105	98

* Las series Renard se pueden multiplicar o dividir por potencias de 10. Por ejemplo, 2.5 (25/10) es una dimensión de primera elección, 3200 (32×100) de segunda elección y 230 (23×10) de quinta elección.

[‡] Dimensiones especiales.

Puede optarse por escoger la dimensión de las dimensiones preferidas del **Sistema internacional** (SI), las cuales se dan en la última columna de la tabla A-6.2.

Tabla A-6.2 Dimensiones preferidas SI

Rango de la medida (mm)	Dimensionar estandarizando cada (mm)	Dimensiones preferidas (mm)
0.5 a 1	0.5	0.5, 1
1 a 6	1	1, 2, 3, 4, 5, 6
6 a 28	2	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28
28 a 96	4	28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80, 84, 88, 92, 96
96 a 192	8	96, 104, 112, 120, 128, 136, 144, 152, 160, 168, 176, 184, 192
más de 192	16	208, 224, 240, 256, 272, 288, 304, 320, etc.

Dimensiones preferidas en unidades inglesas se dan en la tabla A-6.3.

Tabla A-6.3 Dimensiones preferidas – Unidades inglesas

Rango de la medida (in)	Dimensionar estandarizando cada (in)	Dimensiones preferidas (in)
1/64 a 1/32	1/64	1/64, 1/32
1/32 a 3/16	1/32	1/32, 1/16, 3/32, 1/8, 5/32, 3/16
3/16 a 7/8	1/16	3/16, 1/4, 5/16, 3/8, 7/16, 1/2, 9/16, 5/8, 11/16, 3/4, 13/16, 7/8
7/8 a 3	1/8	7/8, 1, 1 1/8, 1 1/4, 1 3/8, 1 1/2, 1 5/8, 1 3/4, 1 7/8, 2, 2 1/8, 2 1/4...3
3 a 6	1/4	3, 3 1/4, 3 1/2, 3 3/4, 4, 4 1/4, 4 1/2, 4 3/4, 5, 5 1/4, 5 1/2, 5 3/4, 6
más de 6	1/2	6, 6 1/2, 7, 7 1/2, 8, 8 1/2, 9, 9 1/2, 10, etc.

APÉNDICE 7

Momentos y deflexiones de vigas comunes

Se presentan ecuaciones para el momento flector (M), fuerza cortante (V) y deflexiones (y y φ) de vigas comunes. F : fuerza concentrada. w : fuerza por unidad de longitud. L : longitud de la viga.

