

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA CENTRÍFUGA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LAS PROTEÍNAS DEL SUERO
DE LECHE MEDIANTE LA PRODUCCIÓN DEL
REQUESÓN A UNA HUMEDAD RELATIVA
APROXIMADAMENTE DEL 60% CON UNA CAPACIDAD
DE 1kg/hora, PARA EL SECTOR RURAL.**

ANEXOS

**Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico,
que presenta el bachiller:**

ANGEL JHAN FRANCO HUAMANÍ TAPIA

ASESOR: Jorge Alencastre Miranda

Lima, Junio de 2015

Índice de anexos

ANEXOS	3
ANEXO 1: Cálculo de selección de faja trapezoidal	3
ANEXO 2: Catálogo Tradi S.A – Ángulos Estructurales	9
ANEXO 3: Catálogo Tradi S.A – Planchas y bobinas de acero inoxidable	10
ANEXO 4: Catálogo Tradi S.A – Barras Redondas Calibradas.....	11
ANEXO 5: Valores de concentración de esfuerzo según carga.....	12



ANEXOS

ANEXO 1: Cálculo de selección de faja trapezoidal

 Anexo 1
 Selección de la faja trapezoidal

Procedimiento de calculo:

1.- Factor de servicio (C2): Corrige la potencia teorica, el valor depende del tipo de trabajo a realizar y condiciones de operación. Se obtiene de la tabla 1

2.- Potencia teorica (Pb): Es la potencia corregida con el factor de servicio, y la que se usa para los posteriores calculos.

$$P_b = C_2 * P_m$$

3.- Relacion de transmision (i): Relacion de velocidades entre las poleas.

$$i = n_1 / n_2$$

4.- Selección del perfil de la correa: Según la potencia de diseño (Pd) y la velocidad de la polea menor (n1)

Nota: Al ser la potencia menor que 2kW, se selecciona automáticamente el perfil SPZ que es el más adecuado para potencias menores.

5.- Diametro de referencia de las poleas acanaladas trapeziales: Se selecciona el diametro dd1 de la tabla siguiente. Luego, el dd2 se calcula:

$$dd_2 = i * dd_1$$

Luego el valor obtenido se estandariza con los diametros encontrados en la tabla de donde se obtuvo dd1.

Se verifica la velocidad de giro de la maquina accionada con los nuevos diametros encontrados.

$$i_{ver} = dd_2 / dd_1$$

Si el valor de (iver) no varia mas del 10% entonces se prosigue con el calculo.

6.- Distancia entre ejes (a): Se hace una seleccion provisional, para este caso se sigue la recomendación del manual:

$$a > 0.7 * (dd_g + dd_k)$$

$$a < 2 * (dd_g + dd_k)$$

Se selecciona un valor que se encuentre dentro del rango recomendado.

7.- Desarrollo de referencia de la correa (Ldth):

$$L_{dth} = 2 * a + 1.57 * (dd_g + dd_k) + (dd_g - dd_k)^2 / (4 * a)$$

Luego el valor obtenido se aproxima a un valor estandarizado (Ldst) de la tabla

8.- Distancia entre ejes:

$$\text{Si; } L_{dst} > L_{dth} \rightarrow a_{nom} = a + (L_{dst} - L_{dth}) / 2$$

$$\text{Si; } L_{dst} < L_{dth} \rightarrow a_{nom} = a - (L_{dth} - L_{dst}) / 2$$

9.- Ajuste mínimo x/y de la distancia entre ejes anom: Se obtiene de la tabla

10.- Numeros de correa (z):

$$z = (P \cdot c_2) / (P_n \cdot c_1 \cdot c_3)$$

11.- Fuerza de flexion sobre el eje (Fb)

$$F_N = F_1 - F_2$$

$$F_b = F_1 + F_2$$

$$F_N = T_1 / (D_p / 2)$$

$$F_1 = 1.25 F_N$$

$$F_2 = 0.25 F_N$$

$$F_b = 1.5 \cdot F_N = 1.5 \cdot (T_1 / (D_p / 2))$$

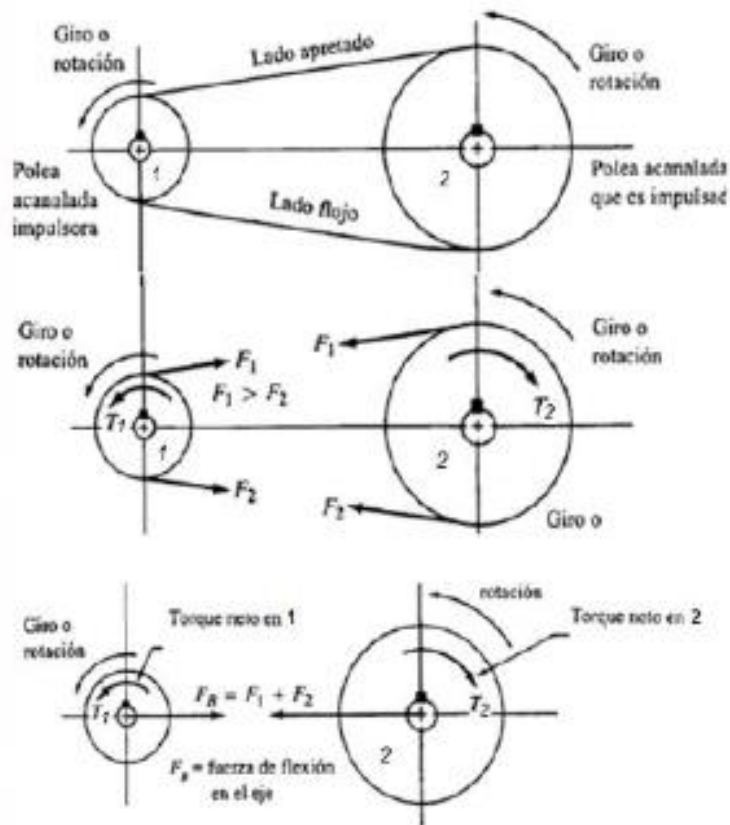


Tabla 1: (Fuente: Manual Técnico OptiBelt)

Ejemplo de máquinas accionadas	Ejemplo de máquinas motrices					
	Factor de carga e_2 para servicio diario (horas) hasta 10			Factor de carga e_2 para servicio diario (horas) up to 10		
	más de 10 hasta 16	a partir de 16	más de 10 hasta 16	a partir de 16	a partir de 16	
Transmisiones ligeras Bombas centrífugas y compresores, byas transportadoras (cargas ligeras) ventiladores y bombas de hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transmisiones medias Gulliotinas, prensas, transportadores de cadena y bya (cargas pesadas), tamices vibradores, generadores y excitadores, amasadoras, máquinas herramienta (tornos, esmeriladoras), lavadoras, Impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Transmisiones pesadas Molinos, compresores de pistón, transportadores de carga pesada, expulsos (transportadores helicoidales, cintas de placas, cangilones y pala), ascensores, prensas de ladrillos, maquinaria textil, maquinaria del papel, bombas de pistón, bombas draga, aserraderos, molinos de machacado	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Transmisiones muy pesadas Molinos de carga pesada, trituradoras de piedra, calyras, mezcladoras, tornos, grúas, dragas, maquinaria pesada para madera	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Diagrama 1 : (Fuente: Manual Técnico OptiBelt)

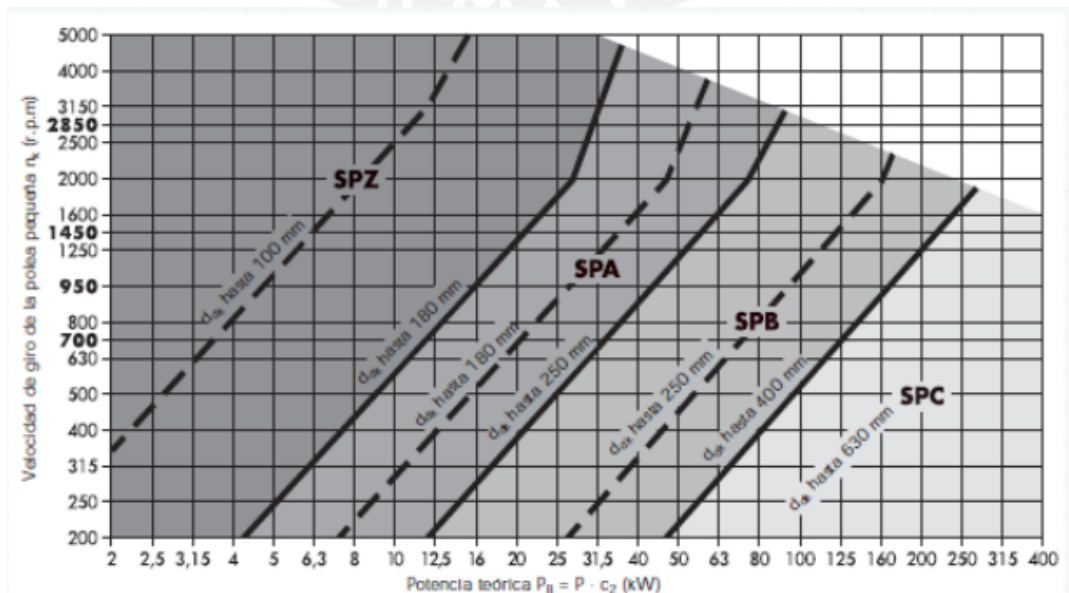


Tabla 4: (Fuente: Manual Técnico OptiBelt)

Perfil SPZ			Perfil SPA				Perfil SPB	Perfil SPC
Desarrollo de referencia ISO (mm) L_d			Desarrollo de referencia ISO (mm) L_d				Desarrollo de referencia ISO (mm) L_d	Desarrollo de referencia ISO (mm) L_d
487	1037	1637	732	1382	2120	3350	1250	2000
512	1047	1662	757	1400	2132	3382	1320	2120
562	1060	1687	782	1407	2182	3550	1400	2240
587	1077	1700	800	1423	2207	3750	1500	2360
612	1087	1737	807	1457	2232	4000	1600	2500
630	1112	1762	832	1482	2240	4250	1700	2650
637	1120	1787	850	1500	2282	4500	1800	2800
662	1137	1800	857	1507	2300		1900	3000
670	1162	1812	882	1532	2307		2000	3150
687	1180	1837	900	1557	2322		2120	3250
710	1187	1862	907	1582	2360		2240	3350
722	1202	1887	932	1600	2382		2360	3750
737	1212	1900	950	1607	2432		2500	4000
750	1237	1937	957	1632	2482		2650	4250
762	1250	1987	982	1657	2500		2800	4500
772	1262	2000	1000	1682	2532		3000	4750
787	1287	2037	1007	1700	2582		3150	5000
800	1312	2120	1032	1707	2607		3250	5300
812	1320	2137	1060	1732	2632		3350	5600
825	1337	2187	1082	1757	2650		3550	6000
837	1347	2240	1107	1782	2682		3750	6300
850	1362	2287	1120	1800	2732		4000	6700
862	1387	2360	1132	1807	2782		4250	7100
875	1400	2300	1157	1832	2800		4500	7500
887	1412	2650	1180	1857	2832		4750	8000
900	1437	2800	1207	1882	2847		5000	8500
912	1462	3000	1232	1900	2882		5300	9000
925	1487	3150	1250	1907	2932		5600	9500
937	1500	3350	1257	1932	2982		6000	10000
950	1512	3550	1272	1957	3000		6300	10600
962	1537		1282	1982	3032		6700	11200
987	1562		1307	2000	3082		7100	12500
1000	1587		1320	2032	3150		7500	
1012	1600		1332	2057	3182		8000	
1024	1612		1357	2082	3282			

Desarrollo máximo de fabricación: 4 500 mm
Cantidad mínima a pedir:
Mín. de 1800 mm -
20 unidades para desarrollos intermedios
40 unidades para determinadas aplicaciones especiales.
Peso: $\approx 0,014$ kg/in

Desarrollo máximo de fabricación: 4 500 mm
Cantidad mínima a pedir:
Mín. de 1800 mm -
21 unidades para desarrollos intermedios
60 unidades para determinadas aplicaciones especiales.
Peso: $\approx 0,122$ kg/in

Desarrollo máximo de fabricación: 11 000 mm
Cantidad mínima a pedir:
Mín. de 1032 mm -
21 unidades para desarrollos intermedios
71 unidades para determinadas aplicaciones especiales.
Peso: $\approx 0,180$ kg/in

Desarrollo máximo de fabricación: 12 000 mm
Cantidad mínima a pedir:
Mín. de 2000 mm -
21 unidades para desarrollos intermedios
80 unidades para determinadas aplicaciones especiales.
Peso: $\approx 0,317$ kg/in

Desarrollo de referencia a desarrollo preciso

Resultados:

$$P_m := 1.5 \text{ kW}$$

$$C_2 := 1.1$$

$$n_1 := 3450 \text{ rpm}$$

$$n_2 := 2600 \text{ rpm}$$

$$P_b := C_2 \cdot P_m = (1.65 \cdot 10^3) \text{ W}$$

$$i := \frac{n_1}{n_2} = 1.327$$

$$d_{d1} := 100 \text{ mm}$$

$$d_{d2} := d_{d1} \cdot i = 132.692 \text{ mm}$$

$$d_{d2} := 132 \text{ mm}$$

$$a_1 := 0.7 \cdot (d_{d1} + d_{d2}) = 162.4 \text{ mm}$$

$$a_2 := 2 \cdot (d_{d1} + d_{d2}) = 464 \text{ mm}$$

$$a := 400 \text{ mm}$$

$$L_{dth} := 2 \cdot a + 1.57 \cdot (d_{d1} + d_{d2}) + \frac{(d_{d2} - d_{d1})^2}{4 \cdot a} = 1.115 \text{ m}$$

$$L_{dst} := 1100 \text{ mm}$$

$$a_{nom} := a - \frac{L_{dth} - L_{dst}}{2} = 0.393 \text{ m}$$

$$z := 1.5 \cdot \frac{1.1}{5.4} = 0.306$$

Fuerza de flexion generado por la transmision

$$T_1 := \frac{P_m}{n_2} = 5.509 \text{ J}$$

$$F_b := 1.5 \cdot \left(\frac{T_1}{\left(\frac{d_{d2}}{2} \right)} \right) = 125.209 \text{ N}$$

ANEXO 2: Catálogo Tradi S.A – Ángulos Estructurales

Ángulo estructura L40x40x4 equivalente al L1 ½ x 1 ½ x 3/16 en el sistema ingles.

FIERRO
TRADI S.A.

ANGULOS ESTRUCTURALES

Descripción: Producto no plano de sección transversal formada por dos alas de igual longitud en ángulo recto y que se obtienen por Laminación de palanquillas de Acero Estructural, previamente calentadas hasta una temperatura del orden de los 1250°C.

Usos: Fabricación de estructuras metálicas para plantas industriales, almacenes, techado de grandes luces, industria naval, carrocerías, torres de transmisión. También se utiliza para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc.

PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-36	25.3 min	41min	12.5 min	JIS G-3101 SS400

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES

SISTEMA INGLES

DIMENSIONES (pulg.)				PESO ESTIMADO	
				Kg/m	Kg / 6m
1 ½	x	1 ½	x 3/32	1.382	8.292
1 ½	x	1 ½	x 1/8	1.830	10.983
1 ½	x	1 ½	x 3/16	2.676	16.072
1 ½	x	1 ½	x 1/4	3.482	20.894
1 ¾	x	1 ¾	x 1/8	2.143	12.858
1 ¾	x	1 ¾	x 3/16	3.155	18.929
1 ¾	x	1 ¾	x 1/4	4.122	24.733
2	x	2	x 1/8	2.455	14.733
2	x	2	x 3/16	3.631	21.787
2	x	2	x 1/4	4.747	28.483
2	x	2	x 5/16	5.834	35.002
2	x	2	x 3/8	6.994	41.966
2 1/2	x	2 1/2	x 3/16	4.569	27.412
2 1/2	x	2 1/2	x 1/4	6.101	36.609
2 1/2	x	2 1/2	x 5/16	7.441	44.645
2 1/2	x	2 1/2	x 3/8	8.780	52.681
3	x	3	x 1/4	7.292	43.752
3	x	3	x 5/16	9.078	54.467
3	x	3	x 3/8	10.715	64.289
3	x	3	x 1/2	13.989	83.932
4	x	4	x 1/4	9.822	58.932
4	x	4	x 5/16	12.203	73.218
4	x	4	x 3/8	14.584	87.504
4	x	4	x 1/2	19.048	114.288

TOLERANCIAS DIMENSIONALES DE FORMA : (Según ISO 657/v)

	DIMENSIONES NOMINALES	LONGITUD DEL ALA (mm)	ESPESOR (e) - mm			Flecha Maxima (mm/m)	Longitud (mm)
			e ≤ 3/16"	3/16" < e ≤ 3/8"	e > 3/8"		
*SISTEMA INGLES (pulg)	1 1/2, 1 3/4" y 2"	+/- 1.20	+/- 0.25	+/- 0.25	+/- 0.30	4.0	+ 50
	2 1/2"	+/- 1.60	+/- 0.30	+/- 0.38	+/- 0.38		
	3"	+ 3.17	+/- 0.30	+/- 0.38	+/- 0.38		
	3 1/2"	-2.38	.....	+/- 0.50	.....	
	4"	---	.....	+/- 0.80	.....	
**SISTEMA METRICO (mm)	20, 25 y 30	+/- 1.0	+/- 0.50 mm						- 0

* Según ASTM A-6

** Según ISO 657/v

Fuente: Catalogo TRADI S.A

ANEXO 3: Catálogo Tradi S.A – Planchas y bobinas de acero inoxidable



PLANCHAS Y BOBINAS DE ACERO INOXIDABLE AISI 304 - 316

Descripción: Productos planos que se obtienen por laminación de planchones de aceros aleados al Cromo, Níquel con buena resistencia a la corrosión por agua, ácidos y soluciones alcalinas.
Los Aceros Inoxidable se clasifican bajo la Norma AISI que considera la composición química.

Usos: Los aceros inoxidable de mayor uso son los Austeníticos

AISI	APLICACIONES
304	Tubos - Caldería - Menaje - Industria Alimentaria - Nuclear
316	Industria Textil - Alimentaria Química y Petroquímica

PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE	
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%		
ASTM A-240	AISI 304	21	52	40	JIS 4304(LAC) / JIS 4305 (LAF)
	AISI 304L	17	49	40	
	AISI 316	21	52	40	
	AISI 316L	17	49	40	

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO (%)

AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
304	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	18.0 / 20.0	8.0 / 10.5	-----
304L	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	18.0 / 20.0	8.0 / 12.0	-----
316	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0 / 18.0	10.0 / 14.0	2.0 / 3.0
316L	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0 / 18.0	10.0 / 14.0	2.0 / 3.0

ACABADO SUPERFICIAL

ACABADO	DESCRIPCION
N° 1	Laminado en caliente, recocido y decapado
2D	Laminado en frío, recocido y decapado (Acabado mate)
2B	Laminado en frío, recocido, decapado, un ligero Pase de Laminación o Skin Pass (Acabado brillante)
BA	Laminado en frío, recocido en atmósfera controlada (Acabado espejo)

DIMENSIONES STANDARD, TOLERANCIAS Y PESOS

Planchas laminadas en frío

SISTEMA METRICO (mms)	TOLERANCIA ESPESOR +/- en mms	ACABADO SUPERFICIAL	PESO ESTIMADO Kg / pl	SISTEMA INGLES Espesor Equiv.(pulg)
0.4 x 1220 x 2440	0.04	2B	9.43	1/64"
0.5 x 1220 x 2440	0.04	2B	11.78	1/54"
0.6 x 1220 x 2440	0.04	2B	14.14	1/40"
0.8 x 1220 x 2440	0.05	2B	18.85	1/32"
0.9 x 1220 x 2440	0.05	2B	21.21	1/27"
1.2 x 1220 x 2440	0.08	2B	28.28	1/20"
1.5 x 1220 x 2440	0.08	2B	35.35	1/16"
2.0 x 1220 x 2440	0.08	2B	47.13	5/64"
2.5 x 1220 x 2440	0.13	2B	58.91	3/32"
3.0 x 1220 x 2440	0.13	2B	70.70	1/8"

Planchas laminadas en caliente

SISTEMA METRICO (mms)	TOLERANCIA ESPESOR +/- en mms	ACABADO SUPERFICIAL	PESO ESTIMADO Kg / pl	SISTEMA INGLES Espesor Equiv.(pulg)
3.0 x 1220 x 2440	0.23	1	70.70	1/8"
3.0 x 1524 x 3048	0.23	1	110.51	1/8"
4.5 x 1220 x 2440	0.34	1	106.05	3/16"
4.5 x 1524 x 3048	0.34	1	165.76	3/16"
6.0 x 1220 x 2440	0.38	1	141.40	1/4"
6.0 x 1524 x 3048	0.38	1	221.02	1/4"
9.0 x 1524 x 3048	0.50	1	331.52	3/8"

Tolerancia según ASTM A-480

Fuente: Catalogo TRADI S.A

ANEXO 4: Catálogo Tradi S.A – Barras Redondas Calibradas



BARRAS REDONDAS CALIBRADAS

Descripción: Producto de sección redonda o hexagonal, que se obtiene por Laminación de palanquillas, que han sido previamente calentadas hasta una temperatura del orden de los 1250°C. Posteriormente estas barras son calibradas en frío y/o torneadas (peladas), obteniendo una gran exactitud dimensional y buena calidad superficial. Generalmente en diámetros de 4" o más, las barras son torneadas. Se fabrican en las calidades SAE 1016, SAE 1018, SAE 1022, SAE 1045, SAE 12L14 y DIN 9S Mn 28.

Usos:

SAE 1016 Y 1018, son utilizados en implementos agrícolas, ejes, partes y respuestos de máquinas.
SAE 1022, se usan en construcciones navales y en elementos de maquinaria que requieran alta resistencia y buena tenacidad.
SAE 1045, se usan en elementos que requieren dureza y tenacidad como ejes, pernos, tuercas, espárragos, cuñas, chavetas.
DIN 9S Mn 28, SAE 12L14, se usan para fabricar piezas en serie, especialmente en torno automático, tornillos, bulones espárragos y otras piezas de maquinaria.

PROPIEDADES MECANICAS*

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
SAE 1016	36	43	18	DIN 17210 CK 16
SAE 1018**	45 - 75	50 - 80	10 - 25	DIN 17200 CK 18
SAE 1022	41	49	15	DIN 17200 CK 22
SAE 1045	54	64	12	DIN 17200 CK 45
DIN 9S Mn 28**	45 - 70	50 - 72	10 - 25	SAE 1213
SAE 12L14	42	55	10	

* Valores estimados según SAE J1397
** Datos del fabricante Aceros Arequipa

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO (%)

CALIDAD	C	Mn	P	S	Pb
SAE 1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.04 max	0.05 max	.....
SAE 1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.03 max	0.05 max	.....
SAE 1022	0.18-0.23	0.7-1.00	0.04 max	0.05 max	.....
SAE 1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.4 max	0.05 max	.....
DIN 9S Mn28	0.09 max	1.15-1.30	0.06-0.10	0.27-0.33	.....
SAE 1213	0.13 max	0.70-1.00	0.07-0.12	0.24-0.33	.....
SAE 12L14	0.15 max	0.85-1.15	0.04-0.09	0.26-0.35	0.15-0.35

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES

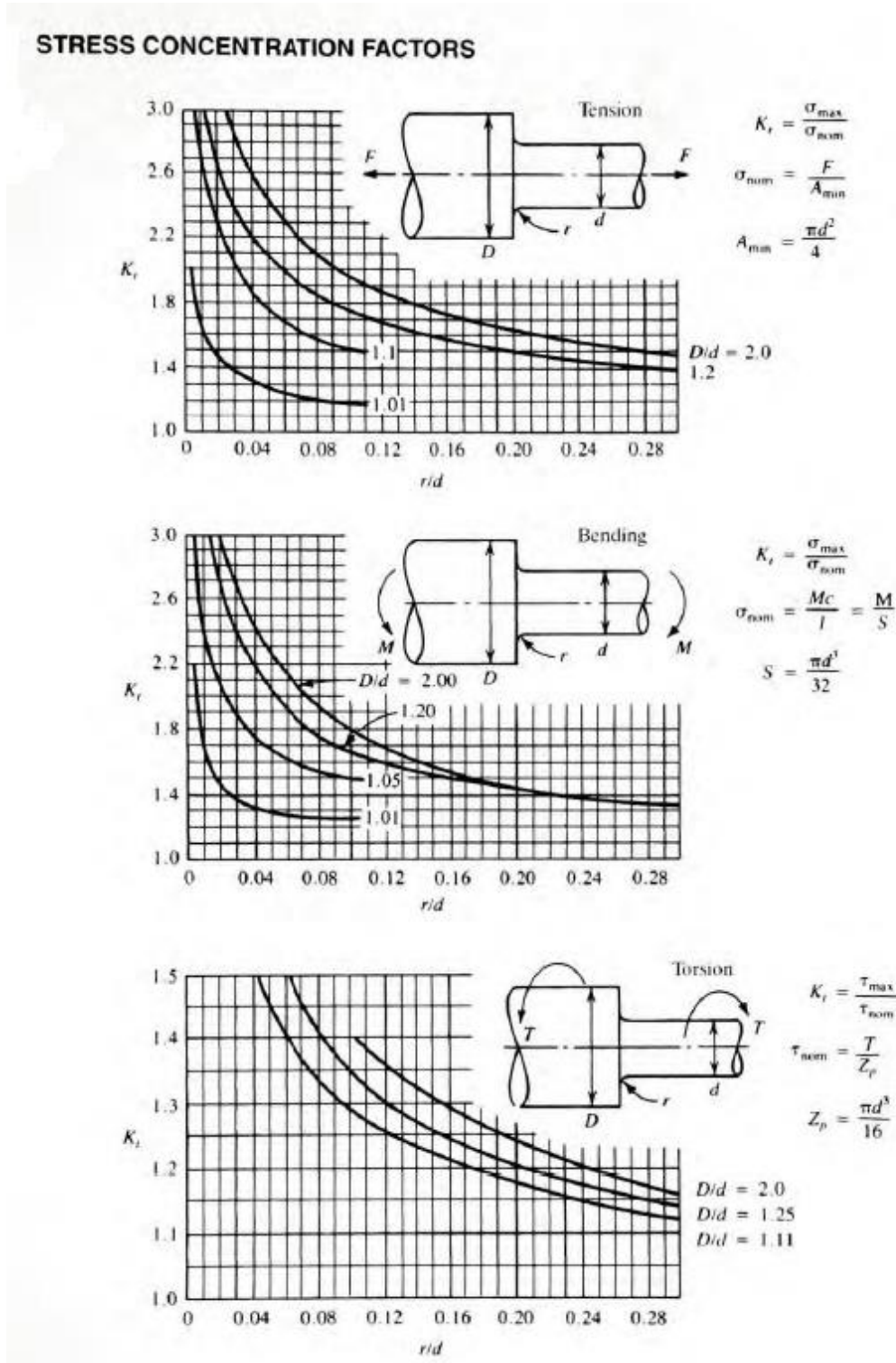
SISTEMA INGLES (Pulgadas)	CALIDAD	BARRAS REDONDAS PESO ESTIMADO	
		Kg / m	Kg / 6m
1/4	1016	0.25	1.50
5/16	1213 1022	0.39	2.34
3/8	1213 1022	0.56	3.36
7/16	1213 1022	0.76	4.56
1/2	1213 1022	0.99	5.94
9/16	1213 1022	1.26	7.56
5/8	1213 1022	1.55	9.30
11/16	1022	1.88	11.28
3/4	1213 1022	2.24	13.44
7/8	1213 1022	3.05	18.30
15/16	DIN9SMN28	3.49	20.98
1	1213 1022	3.98	23.88
1 1/8	1022	5.03	30.18
1 1/4	1022	6.22	37.32
1 3/8	1022	7.52	45.12
1 1/2	1022	8.95	53.70
1 5/8	1022	10.5	63.03
1 3/4	1022	12.18	73.08
1 7/8	1022	13.98	83.91
2	1022	15.91	95.46
2 1/4	1022	20.14	120.84
2 1/2	1022	24.86	149.16
3	1016	35.75	214.50
3 1/2	1016	48.66	291.96
4	1016	63.57	381.42
4 1/2	1016	80.48	482.88
5*	1016	99.32	595.92
6*	1016	143.00	858.00

Barras de 3" a 4 1/2" pueden ser trefiladas o torneadas. * Torneadas (Peladas)

Fuente: Catálogo TRADI S.A

ANEXO 5: Valores de concentración de esfuerzo según carga.

Valores para estimar el valor del factor de concentración de esfuerzo geométrico.



Fuente: *Machine Elements in Mechanical Design*, Robert L. Mott; Pg: A-27