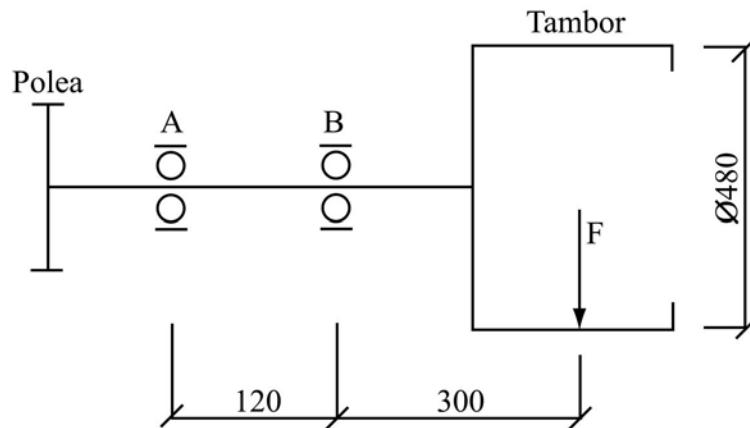


Nombre.....

La figura muestra esquemáticamente el mecanismo de accionamiento de giro del tambor de una lavadora doméstica con acceso frontal. El tambor se halla en voladizo, al final de un eje que está apoyado en dos rodamientos rígidos de bolas. En el extremo del eje opuesto al tambor se sitúa la polea, que recibe la correa de accionamiento que viene del motor. Las medidas están en mm.



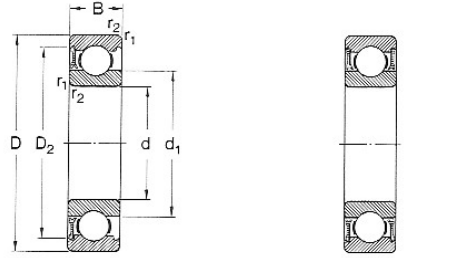
El peso del tambor es de 5.5 kg. La capacidad de carga de la lavadora es de 4.5 kg de ropa. Las potencias y velocidades de giro de las distintas fases de operación de la lavadora se recogen en la tabla siguiente.

Fase	Velocidad (rpm)	Potencia (kW)
Lavado	50	0.3
Pre-centrifugado	800	0.5
Centrifugado	1000	0.5

- Determinar el diámetro del eje en la sección correspondiente a cada apoyo, si se desea disponer de un coeficiente de seguridad de 1.5 en resistencia. El eje es de acero, con $S_y=60$ MPa, $S_u=80$ MPa. Las fuerzas de reacción sobre el eje debidas a la transmisión en la polea son despreciables.
- Seleccionar el rodamiento comercial a colocar en cada apoyo, utilizando el catálogo adjunto, si se espera conseguir una vida de 500 horas de centrifugado. Se elegirán rodamientos con dos placas de obturación.

Nota: se tendrá en cuenta la fuerza centrífuga que se produce en el tambor debido al descentramiento de la ropa. Para calcularla, se empleará la fórmula $F_c = mr\omega^2$, donde m se considera como un 10% de la masa total de ropa, r es el radio del tambor, y ω es la velocidad de giro del mismo.

Rodamientos rígidos de una hilera de bolas con placa(s) de obturación de bajo rozamiento
d 6-25 mm

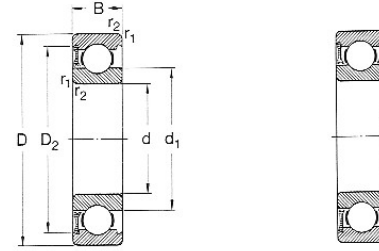


Con una placa de obturación RZ

Con dos placas de obturación RZ

Dimensiones principales			Capacidad de carga dinám. estát.		Carga límite de fatiga	Velocidad nominal		Masa	Designaciones	
d	D	B	C	C ₀	F _u	Lubricación con grasa	Lubricación con aceite		Rodamientos con una placa obturación	Rodamientos con dos placas obturación
mm	N		N		N	r/min	r/min	kg	-	
6	19	6	1 720	620	26	36 000	43 000	0,0084	626-RZ	626-2RZ
7	22	7	3 250	1 370	57	32 000	38 000	0,012	627-RZ	627-2RZ
8	22	7	3 250	1 370	57	32 000	38 000	0,012	608-RZ	608-2RZ
9	24	7	3 710	1 660	71	32 000	38 000	0,014	609-RZ	609-2RZ
	26	8	4 620	1 960	83	28 000	34 000	0,020	629-RZ	629-2RZ
10	19	5	1 380	585	25	36 000	43 000	0,0055	61800-RZ	61800-2RZ
	22	6	1 950	750	32	34 000	40 000	0,010	61900-RZ	61900-2RZ
	26	8	4 620	2 000	85	30 000	36 000	0,019	6000-RZ	6000-2RZ
	30	9	5 070	2 360	100	24 000	30 000	0,032	6200-RZ	6200-2RZ
12	21	5	1 430	670	28	32 000	38 000	0,0063	61801-RZ	61801-2RZ
	24	6	2 250	980	43	30 000	36 000	0,011	61901-RZ	61901-2RZ
	28	8	5 070	2 360	100	26 000	32 000	0,022	6001-RZ	6001-2RZ
	32	10	6 890	3 100	132	22 000	28 000	0,037	6201-RZ	6201-2RZ
15	24	5	1 560	800	34	28 000	34 000	0,0074	61802-RZ	61802-2RZ
	28	7	4 030	2 040	85	24 000	30 000	0,016	61902-RZ	61902-2RZ
	32	9	5 590	2 850	120	22 000	28 000	0,030	6002-RZ	6002-2RZ
	35	11	7 800	3 750	160	19 000	24 000	0,045	6202-RZ	6202-2RZ
17	26	5	1 680	930	39	24 000	30 000	0,0082	61803-RZ	61803-2RZ
	30	7	4 360	2 320	98	22 000	28 000	0,018	61903-RZ	61903-2RZ
	35	10	6 050	3 250	137	19 000	24 000	0,039	6003-RZ	6003-2RZ
	40	12	9 560	4 750	200	17 000	20 000	0,065	6203-RZ	6203-2RZ
20	32	7	2 700	1 500	63	19 000	24 000	0,018	61804-RZ	61804-2RZ
	37	9	6 370	3 650	156	18 000	22 000	0,038	61904-RZ	61904-2RZ
	42	12	9 360	5 000	212	17 000	20 000	0,069	6004-RZ	6004-2RZ
	47	14	12 700	6 550	280	15 000	18 000	0,11	6204-RZ	6204-2RZ
25	37	7	4 360	2 600	125	17 000	20 000	0,022	61805-RZ	61805-2RZ
	42	9	6 630	4 000	176	16 000	19 000	0,045	61905-RZ	61905-2RZ
	47	12	11 200	6 550	275	15 000	18 000	0,080	6005-RZ	6005-2RZ
	52	15	14 000	7 800	335	12 000	15 000	0,13	6205-RZ	6205-2RZ

Rodamientos rígidos de una hilera de bolas con placa(s) de obturación de bajo rozamiento
d 30-100 mm



Con una placa de obturación RZ

Con dos placas de obturación RZ

Dimensiones principales			Capacidad de carga dinám. estát.		Carga límite de fatiga	Velocidad nominal		Masa	Designaciones	
d	D	B	C	C ₀	P _u	Lubricación con grasa	Lubricación con aceite		Rodamientos con una placa obturación	Rodamientos con dos placas obturación
mm	N		N		N	r/min	r/min	kg	-	
30	42	7	4 490	2 900	146	15 000	18 000	0,027	61806-RZ	61806-2RZ
	47	9	7 280	4 550	212	14 000	17 000	0,051	61906-RZ	61906-2RZ
	55	13	13 900	8 300	355	12 000	15 000	0,12	6006-RZ	6006-2RZ
	62	16	19 500	11 200	475	10 000	13 000	0,20	6206-RZ	6206-2RZ
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807-RZ	61807-2RZ
	55	10	9 580	6 200	290	11 000	14 000	0,060	61907-RZ	61907-2RZ
40	52	7	4 940	3 450	186	11 000	14 000	0,034	61808-RZ	61808-2RZ
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	13 000	0,12	61908-RZ	61908-2RZ
45	58	7	6 050	4 300	228	9 500	12 000	0,040	61809-RZ	61809-2RZ
	68	12	14 000	9 800	465	9 000	11 000	0,14	61909-RZ	61909-2RZ
50	65	7	6 240	4 750	250	9 000	11 000	0,052	61810-RZ	61810-2RZ
	72	12	14 600	10 400	500	8 500	10 000	0,14	61910-RZ	61910-2RZ
55	72	9	8 320	6 200	325	8 500	10 000	0,083	61811-RZ	61811-2RZ
	80	13	15 900	11 400	560	8 000	9 500	0,19	61911-RZ	61911-2RZ
60	78	10	8 710	6 700	365	7 500	9 000	0,11	61812-RZ	61812-2RZ
	85	13	16 500	12 000	600	7 500	9 000	0,20	61912-RZ	61912-2RZ
65	85	10	11 700	9 150	490	7 000	8 500	0,13	61813-RZ	61813-2RZ
	90	13	17 400	13 400	680	6 700	8 000	0,22	61913-RZ	61913-2RZ
70	90	10	12 100	10 000	540	6 700	8 000	0,14	61814-RZ	61814-2RZ
	100	16	23 800	18 300	900	6 300	7 500	0,35	61914-RZ	61914-2RZ
75	95	10	12 500	10 800	585	6 300	7 500	0,15	61815-RZ	61815-2RZ
	105	16	24 200	19 300	965	6 000	7 000	0,37	61915-RZ	61915-2RZ
80	100	10	12 400	10 800	585	6 000	7 000	0,15	61816-RZ	61816-2RZ
	110	16	25 100	20 400	1 020	5 600	6 700	0,40	61916-RZ	61916-2RZ
85	110	13	19 500	16 600	880	5 300	6 300	0,27	61817-RZ	61817-2RZ
90	115	13	19 500	17 000	915	5 300	6 300	0,28	61818-RZ	61818-2RZ
95	120	13	19 900	17 600	930	5 000	6 000	0,30	61819-RZ	61819-2RZ
100	125	13	19 900	18 300	950	4 800	5 600	0,30	61820-RZ	61820-2RZ

a) Los ceros en cada fase serán los siguientes:

- Lavado: peso tambor 54 N, peso ropa 44 N } $101 \text{ N} = F$
 $F_c = m r \omega^2 = 0.45 \times 0.24 \times \left(\frac{50 \times 2\pi}{60} \right)^2 = 3 \text{ N}$

- Precentrifugado: peso tambor 54 N, peso ropa 44 N } $856 \text{ N} = F$
 $F_c = m r \omega^2 = 0.45 \times 0.24 \times \left(\frac{800 \times 2\pi}{60} \right)^2 = 758 \text{ N}$

- Centrifugado: peso tambor 54 N, peso ropa 44 N } $1282 \text{ N} = F$
 $F_c = m r \omega^2 = 0.45 \times 0.24 \times \left(\frac{1000 \times 2\pi}{60} \right)^2 = 1184 \text{ N}$

En realidad, los ceros debido al peso del tambor y de la ropa van siempre dirigidos hacia abajo, mientras que la fuerza centrífuga debido al descentramiento de la ropa gira con el tambor (y el eje). No obstante, se ha considerado la situación más crítica, que es cuando ambas se suman, de cara a los cálculos posteriores.

Las reacciones en los apoyos serán,

$$R_A \times 0.12 = F \times 0.3 \rightarrow R_A = 2.5 F$$

$$R_B = R_A + F = 2.5 F + F \rightarrow R_B = 3.5 F$$

- Lavado: $R_A = 252.5 \text{ N}$, $R_B = 353.5 \text{ N}$

- Precentrifugado: $R_A = 2140 \text{ N}$, $R_B = 2996 \text{ N}$

- Centrifugado: $R_A = 3205 \text{ N}$, $R_B = 4487 \text{ N}$

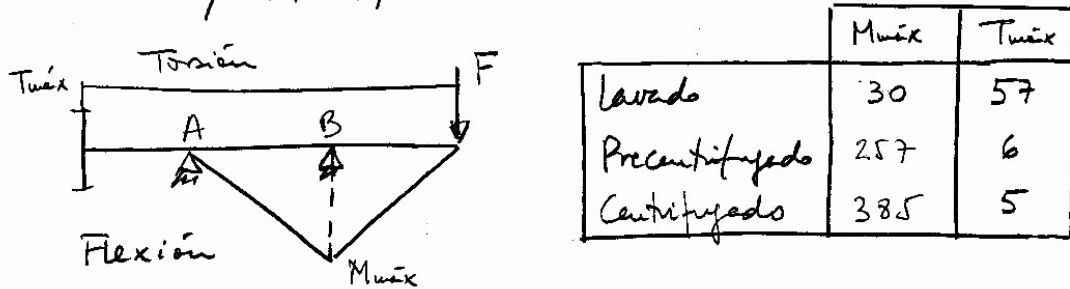
En cuanto a los pares de torsión,

- Lavado: $T = \frac{\dot{W}}{\omega} = \frac{300}{\frac{50 \times 2\pi}{60}} = 57 \text{ Nm}$

- Precentrifugado: $T = \frac{\dot{W}}{\omega} = \frac{500}{\frac{800 \times 2\pi}{60}} = 6 \text{ Nm}$

- Centrifugado: $T = \frac{\dot{W}}{\omega} = \frac{500}{\frac{1000 \times 2\pi}{60}} = 5 \text{ Nm}$

Por lo tanto, en cada fase, los esfuerzos de flexión y torsión sobre el eje serán,



Dado que la componente principal de la carga en los casos más crítica para la resistencia (precentrifugado y centrifugado) gira con el eje (por ser debida al desequilibrio de la ropa), se va a aplicar el caso estático en el apoyo B.

APOYO B

$$d^3 = \frac{32 C_s}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$\text{Centrifugado: } d^3 = \frac{32 \times 15}{\pi \times 60 \cdot 10^6} \sqrt{385^2 + 5^2}$$

$$d_B = 46'11 \text{ mm} \rightarrow \boxed{d_B = 50 \text{ mm}} \text{ (por rodamientos)}$$

En cuanto al apoyo A, sólo está sometido a per torsión, que también da lugar a caso estático.

APOYO A

$$d^3 = \frac{32 C_s}{\pi S_y} T$$

$$\text{Lavado: } d^3 = \frac{32 \times 15}{\pi \cdot 60 \cdot 10^6} 57$$

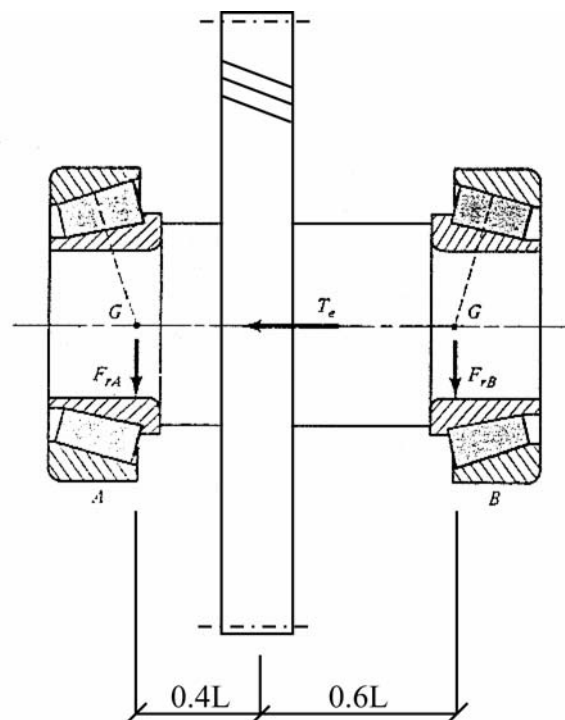
$$d_A = 24'39 \text{ mm} \rightarrow \boxed{d_A = 25 \text{ mm}}$$

b) la capacidad de carga: $C = PL^{1/2} = P \left(\frac{500 \times 60 \times 1000}{10^6} \right)^{1/3} = P \sqrt[3]{30}$

Apoyo A: $C_A = 3205 \sqrt[3]{30} = 9959 \text{ N}$; $d_A = 25 \text{ mm} \Rightarrow \boxed{6005-2RZ}$

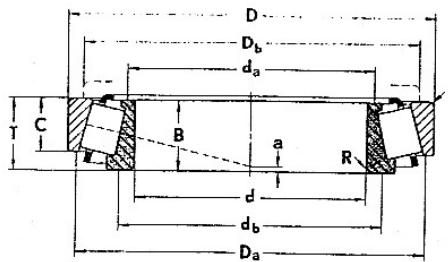
Apoyo B: $C_B = 4487 \sqrt[3]{30} = 13942 \text{ N}$; $d_B = 50 \text{ mm} \Rightarrow \boxed{61910-2RZ}$

El eje de la figura está apoyado sobre dos cojinetes de rodamientos de cilindros cónicos, siendo el diámetro del eje en las zonas de los apoyos de 1.125". El eje recibe el movimiento a través de un engranaje helicoidal de diámetro 100 mm, ángulo de hélice 15°, y ángulo de presión aparente 20°. El engranaje se encuentra a una distancia 0.4L del apoyo A, y a una distancia 0.6L del apoyo B, siendo L=300 mm.



En condiciones nominales, el eje recibe una potencia de 20 kW, y gira a una velocidad angular de 750 rpm. Si se desea alcanzar una vida de los rodamientos de 10 kh en esas condiciones, seleccionar los cojinetes adecuados de la tabla adjunta.

DIÁMETRO INTERIOR UNIFORME



Diámetro interior	Diámetro exterior	Ancho	Capacidad a 500 rpm para $L_{10} = 3000$ h		Factor	Centro de carga efect.	Números de parte		cono				copa			
			Radial, una fila	De empuje			Copa	Copa	Diámetro de hombro de respaldo	Radio máx. de entalle en aloj	Ancho	Diámetros de hombro de respaldo				
												N lbf	N lbf	K	a [⊗]	Cono
25.400 1.0000	65.068 2.5625	22.225 0.8750	13100 2950	16400 3690	0.80	-2.3 -0.09	23100	23256	1.5 0.06	21.463 0.8450	39.0 1.54	34.5 1.36	1.5 0.06	15.875 0.6250	53.0 2.09	63.0 2.48
25.400 1.0000	66.421 2.6150	23.812 0.9375	18400 4140	8000 1800	2.30	-9.4 -0.37	2687	2631	1.3 0.05	25.433 1.0013	33.5 1.32	31.5 1.24	1.3 0.05	19.050 0.7500	58.0 2.28	60.0 2.36
25.400 1.0000	68.262 2.6875	22.225 0.8750	15300 3440	10900 2450	1.40	-5.1 -0.20	02473	02420	0.8 0.03	22.225 0.8750	34.5 1.36	33.5 1.32	1.5 0.06	17.462 0.6875	59.0 2.32	63.0 2.48
25.400 1.0000	72.233 2.8438	25.400 1.0000	18400 4140	17200 3870	1.07	-4.6 -0.18	HM88630	HM88610	0.8 0.03	25.400 1.0000	39.5 1.56	39.5 1.56	2.3 0.09	19.842 0.7812	60.0 2.36	69.0 2.72
25.400 1.0000	72.626 2.8593	30.162 1.1875	22700 5110	13000 2910	1.76	-10.2 -0.40	3189	3120	0.8 0.03	29.997 1.1810	35.5 1.40	35.0 1.38	3.3 0.13	23.812 0.9375	61.0 2.40	67.0 2.64
26.157 1.0298	62.000 2.4409	19.050 0.7500	12100 2730	7280 1640	1.67	-5.8 -0.23	15103	15245	0.8 0.03	20.638 0.8125	33.0 1.30	32.5 1.28	1.3 0.05	14.288 0.5625	55.0 2.17	58.0 2.28
26.162 1.0300	63.100 2.4843	23.812 0.9375	18400 4140	8000 1800	2.30	-9.4 -0.37	2682	2630	1.5 0.06	25.433 1.0013	34.5 1.36	32.0 1.26	0.8 0.03	19.050 0.7500	57.0 2.24	59.0 2.32
26.162 1.0300	66.421 2.6150	23.812 0.9375	18400 4140	8000 1800	2.30	-9.4 -0.37	2682	2631	1.5 0.06	25.433 1.0013	34.5 1.36	32.0 1.26	1.3 0.05	19.050 0.7500	58.0 2.28	60.0 2.36
26.975 1.0620	58.738 2.3125	19.050 0.7500	11600 2610	6560 1470	1.77	-5.8 -0.23	1987	1932	0.8 0.03	19.355 0.7620	32.5 1.28	31.5 1.24	1.3 0.05	15.080 0.5937	52.0 2.05	54.0 2.13
†26.988 †1.0625	50.292 1.9800	14.224 0.5600	7210 1620	4620 1040	1.56	-3.3 -0.13	L44649	L44610	3.5 0.14	14.732 0.5800	37.5 1.48	31.0 1.22	1.3 0.05	10.668 0.4200	44.5 1.75	47.0 1.85
†26.988 †1.0625	60.325 2.3750	19.842 0.7812	11000 2480	6550 1470	1.69	-5.1 -0.20	15580	15523	3.5 0.14	17.462 0.6875	38.5 1.52	32.0 1.26	1.5 0.06	15.875 0.6250	51.0 2.01	54.0 2.13
†26.988 †1.0625	62.000 2.4409	19.050 0.7500	12100 2730	7280 1640	1.67	-5.8 -0.23	15106	15245	0.8 0.03	20.638 0.8125	33.5 1.32	33.0 1.30	1.3 0.05	14.288 0.5625	55.0 2.17	58.0 2.28
†26.988 †1.0625	66.421 2.6150	23.812 0.9375	18400 4140	8000 1800	2.30	-9.4 -0.37	2688	2631	1.5 0.06	25.433 1.0013	35.0 1.38	33.0 1.30	1.3 0.05	19.050 0.7500	58.0 2.28	60.0 2.36
28.575 1.1250	56.896 2.2400	19.845 0.7813	11600 2610	6560 1470	1.77	-5.8 -0.23	1985	1930	0.8 0.03	19.355 0.7620	34.0 1.34	33.5 1.32	0.8 0.03	15.875 0.6250	51.0 2.01	54.0 2.11
28.575 1.1250	57.150 2.2500	17.462 0.6875	11000 2480	6550 1470	1.69	-5.1 -0.20	15590	15520	3.5 0.14	17.462 0.6875	39.5 1.56	33.5 1.32	1.5 0.06	13.495 0.5313	51.0 2.01	53.0 2.09
28.575 1.1250	58.738 2.3125	19.050 0.7500	11600 2610	6560 1470	1.77	-5.8 -0.23	1985	1932	0.8 0.03	19.355 0.7620	34.0 1.34	33.5 1.32	1.3 0.05	15.080 0.5937	52.0 2.05	54.0 2.13
28.575 1.1250	58.738 2.3125	19.050 0.7500	11600 2610	6560 1470	1.77	-5.8 -0.23	1988	1932	3.5 0.14	19.355 0.7620	39.5 1.56	33.5 1.32	1.3 0.05	15.080 0.5937	52.0 2.05	54.0 2.13
28.575 1.1250	60.325 2.3750	19.842 0.7812	11000 2480	6550 1470	1.69	-5.1 -0.20	15590	15523	3.5 0.14	17.462 0.6875	39.5 1.56	33.5 1.32	1.5 0.06	15.875 0.6250	51.0 2.01	54.0 2.13
28.575 1.1250	60.325 2.3750	19.845 0.7813	11600 2610	6560 1470	1.77	-5.8 -0.23	1985	1931	0.8 0.03	19.355 0.7620	34.0 1.34	33.5 1.32	1.3 0.05	15.875 0.6250	52.0 2.05	55.0 2.17

⊙ Estos radios máximos de entalle serán librados por las esquinas de los cojinetes.

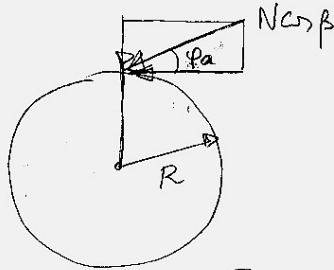
⊗ El valor con signo menos indica que el centro queda dentro de la contracara del cono interior.

† Para la clase estándar SOLAMENTE el tamaño métrico máximo es un valor entero en milímetros.

* Para tolerancias de parte "H"/"h" (véanse las tolerancias métricas, p. 73, y métodos de ajuste, p. 65).

♦ Las combinaciones de copa y cono de la ISO se designan con un número de parte común y deben adquirirse como un ensamble, para tolerancias de cojinete según la ISO (véanse las tolerancias métricas, p. 73, y las técnicas de ajuste, p. 65).

$$\dot{W} = T\omega \rightarrow T = \frac{\dot{W}}{\omega} = \frac{20.000}{750 \frac{2\pi}{60}} = 255 \text{ Nm}$$



$$T = (N \cos \beta) R$$

$$255 = (N \cos 15^\circ) 0'05$$

$$\underline{N = 5619 \text{ N}}$$

Entonces, la fuerza axial o de empuje sobre el eje será,

$$T_e = N \sin \beta = 5619 \sin 15^\circ = 1454 \text{ N}$$

Y la fuerza perpendicular al eje (radial) será,

$$F_r = N \cos \beta = 5619 \cos 15^\circ = 5428 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta la distancia del engranaje a los apoyos, el reparto de fuerzas radiales será,

$$F_{rA} = 0'6 F_r = 0'6 \times 5428 = 3257 \text{ N}$$

$$F_{rB} = 0'4 F_r = 0'4 \times 5428 = 2171 \text{ N}$$

Copete A (suponemos $k_A = k_B = 15$)

$$F_{eA} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0'4 F_{rA} + k_A \left(\frac{0'4 F_{rB}}{k_B} + T_e \right) \\ F_{rA} = 3257 \text{ N} \end{array} \right. = 0'4 \times 3257 + 15 \left(\frac{0'4 \times 2171}{15} + 1454 \right) = 41504 \text{ N}$$

$$F_{cA} = F_{eA} \left(\frac{h \times n}{h_c \times n_c} \right)^{1/2} = 41504 \left(\frac{10 \times 750}{3 \times 500} \right)^{1/2} = 41504 \times 1'62 = 7296 \text{ N}$$

Se selecciona el copete más pequeño de los posibles:

$$\boxed{\text{Como 15590 - Copete 15520} : k_A = 1'69, F_{cA} = 11000 \text{ N}}$$

Cojinete B

$$F_{eB} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0'4 F_{rB} + k_B \left(\frac{0'47 F_{rA}}{k_A} - T_e \right) = 0'4 \times 2171 + 1'5 \left(\frac{0'47 \times 3257}{1'69} - 1454 \right) = 46 \text{ N} \\ F_{rB} = 2171 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$F_{eB} = F_{rB} \left(\frac{h \times n}{h_c \times n_c} \right)^{1/4} = 2171 \left(\frac{10 \times 750}{3 \times 500} \right)^{3/10} = 2171 \times 1'62 = 3517 \text{ N}$$

Se selecciona el cojinete más pequeño de los posibles:

$$\boxed{\text{Cans 15590 - Cope 15520}}: k_B = 1'69, F_{eB} = 11000 \text{ N}$$

Comprobación

Ahora que ya se saben los valores exactos de k_A y k_B , hay que comprobar que los cojinetes elegidos son válidos. En el cojinete B no hay problema, pues cuando la carga radial en B. En el cojinete A,

$$F_{eA} = 0'4 F_{rA} + k_A \left(\frac{0'47 F_{rB}}{k_B} + T_e \right) = 0'4 \times 3257 + 1'69 \left(\frac{0'47 \times 2171}{1'69} + 1454 \right) = 4780 \text{ N}$$

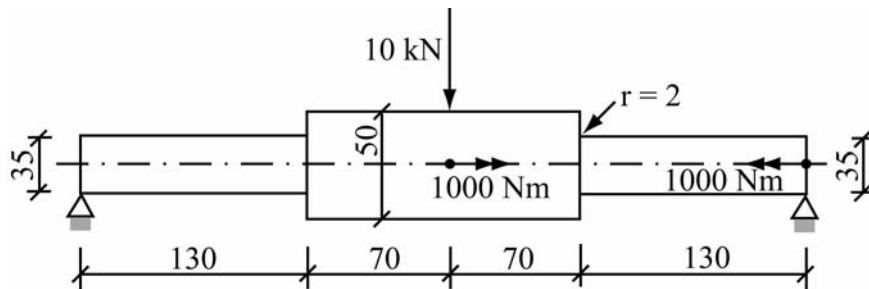
$$F_{eA} = 4780 \times 1'62 = 7744 \text{ N} < 11000 \text{ N} \quad \text{OK!}$$

y esta carga a su vez siendo soportada perfectamente por el cojinete elegido.

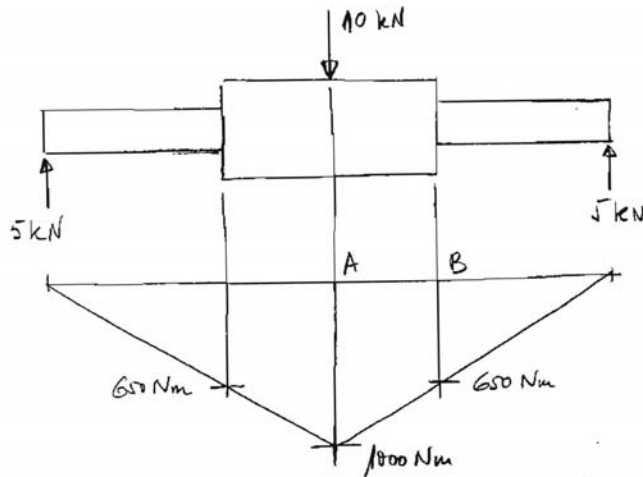
Examen de TECNOLOGIA DE MAQUINAS – Septiembre 12

Nombre.....

El eje de la figura, fabricado en acero AISI 1035 estirado en frío, está sometido, debido a la transmisión, a una carga perpendicular en su centro de 10 kN, y a un momento torsor en su mitad derecha de 1000 Nm.



- Indicar cuál es la sección más crítica a fluencia, explicando por qué, y determinar el coeficiente de seguridad de que se dispone utilizando el criterio de Tresca.
- Indicar cuál es la sección más crítica a fatiga, explicando por qué, y determinar el coeficiente de seguridad de que se dispone utilizando el método de Söderberg para ejes.



AISI 1035
 est. en frío:
 $S_u = 570 \text{ MPa}$
 $S_y = 460 \text{ MPa}$

a) Evidentemente, será más crítica el lado derecho que el izquierdo, por A ser también el momento torsor.

En cuanto a la sección central, A, vamos a compararla con la sección de la entalla, B.

Las tensiones debidas a flexión son: $\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$. Por tanto,

la tensión es proporcional al momento flector e inversamente proporcional al cubo del diámetro de la sección. Entonces,

$$A: \sigma \approx \frac{M_A}{d_A^3} = \frac{1000}{0.05^3} = 8 \cdot 10^6$$

$$B: \sigma \approx \frac{M_B}{d_B^3} = \frac{650}{0.035^3} = 15.16 \cdot 10^6$$

} luego es peor la sección B.

Sección más crítica a flexión: sección B

Criterio de Tresca: $\frac{1}{C_s} = \frac{32}{\pi d^3 S_y} \sqrt{M^2 + T^2}$

$$\frac{1}{C_s} = \frac{32}{\pi \times 0.035^3 \times 460 \cdot 10^6} \sqrt{650^2 + 1000^2} \Rightarrow C_s = 1.62$$

luego el eje no fallará a flexión.

b) En fatiga, todavía me más claro fue la sección crítica
 es la B, ya fue, a lo explicado en el caso de fluencia,
 se suma ahora el efecto de concentración de tensiones
 en la entalle.

Sección más crítica a fatiga: sección B

Vamos a calcular la resistencia a fatiga a vida infinita
 para la sección B.

$$S_e = 0.5 S_u = 0.5 \times 550 = 275 \text{ MPa}$$

$$K_e = k S_u^b = 4.51 \times 550^{-0.265} = 0.85$$

$$K_b = 1.189 d^{-0.097} = 1.189 \times 35^{-0.097} = 0.84$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{D}{d} = \frac{50}{35} = 1.43 \\ \frac{r}{d} = \frac{2}{35} = 0.06 \end{array} \right\} K_t = 1.95 \quad \left. \begin{array}{l} r = 2 \text{ mm} \\ S_u = 0.55 \text{ GPa} \end{array} \right\} q = 0.75$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0.75(1.95 - 1) = 1.71$$

$$S_e = K_e K_b \frac{1}{K_f} S_e = 0.85 \times 0.84 \times \frac{1}{1.71} \times 275 = 115 \text{ MPa} = S_e$$

Método de Soderberg: $\frac{1}{C_s} = \frac{32}{\pi d^3} \sqrt{\left(\frac{M}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{T}{S_y}\right)^2}$

$$\frac{1}{C_s} = \frac{32}{\pi \times 0.035^3} \sqrt{\left(\frac{650}{115 \cdot 10^6}\right)^2 + \left(\frac{1200}{460 \cdot 10^6}\right)^2} \Rightarrow \boxed{C_s = 0.7}$$

luego el eje fallará a fatiga. Se podrían calcular
 los ciclos hasta el fallo, pero no se pide en el problema.