Tabla 3.5.- Diámetros normalizados para alambres

CALIBRE	*Alambre de acero (pulg)*	*Alambre cuerda de piano (pulg)*	*Calibre Brown & Sharpe (pulg)*	*Diámetros métricos recomendables (mm)*
7/10	**0.490**	**-**	**-**	**13.0**
6/0	**0.4615**	**0.004**	**0.580**	**12.0**
5/0	**0.4305**	**0.005**	**0.516**	**11.0**
4/0	**0.393**	**0.006**	**0.460**	**10.0**
3/0	**0.362**	**0.007**	**0.409**	**9.0**
2/0	**0.331**	**0.008**	**0.364**	**8.5**
0	**0.306**	**0.009**	**0.324**	**8.0**
1	**0.283**	**0.010**	**0.289**	**7.0**
2	**0.262**	**0.011**	**0.257**	**6.5**
3	**0.243**	**0.012**	**0.229**	**6.0**
4	**0.225**	**0.013**	**0.204**	**5.5**
5	**0.207**	**0.014**	**0.181**	**5.0**
6	**0.192**	**0.016**	**0.162**	**4.8**
7	**0.177**	**0.018**	**0.144**	**4.5**
8	**0.162**	**0.020**	**0.128**	**4.0**
9	**0.148**	**0.022**	**0.114**	**3.8**
10	**0.135**	**0.024**	**0.101**	**3.5**
11	**0.120**	**0.026**	**0.090**	**3.0**
12	**0.105**	**0.029**	**0.080**	**2.8**
13	**0.091**	**0.031**	**0.072**	**2.5**
14	**0.080**	**0.033**	**0.064**	**2.0**
15	**0.072**	**0.035**	**0.057**	**1.8**
16	**0.062**	**0.037**	**0.050**	**1.6**
17	**0.054**	**0.039**	**0.045**	**1.4**
18	**0.047**	**0.041**	**0.040**	**1.2**
19	**0.041**	**0.043**	**0.035**	**1.0**
20	**0.034**	**0.045**	**0.032**	**0.9**
21	**0.031**	**0.047**	**0.028**	**0.80**
22	**0.028**	**0.049**	**0.025**	**0.70**
23	**0.025**	**0.051**	**0.022**	**0.65**
24	**0.023**	**0.055**	**0.020**	**0.6 ó 0.55**
25	**0.020**	**0.059**	**0.017**	**0.50 ó 0.55**
26	**0.018**	**0.063**	**0.015**	**0.45**
27	**0.017**	**0.067**	**0.014**	**0.45**
28	**0.016**	**0.071**	**0.012**	**0.40**
29	**0.015**	**0.075**	**0.011**	**0.40**
30	**0.014**	**0.080**	**0.010**	**0.35**
31	**0.013**	**0.085**	**0.008**	**0.35**
32	**0.012**	**0.090**	**0.0079**	**0.30 ó 0.35**
33	**0.011**	**0.095**	**0.007**	**0.30**
34	**0.010**	**0.100**	**0.0063**	**0.28**
35	**0.0095**	**0.106**	**0.00501**	**0.25**
36	**0.0090**	**0.102**	**0.00500**	**0.22**
37	**0.0085**	**0.118**	**0.00445**	**0.22**
38	**0.0085**	**0.124**	**0.00396**	**0.20**
39	**0.008**	**0.130**	**0.00353**	**0.20**
40	**0.0070**	**0.138**	**0.00314**	**0.18**

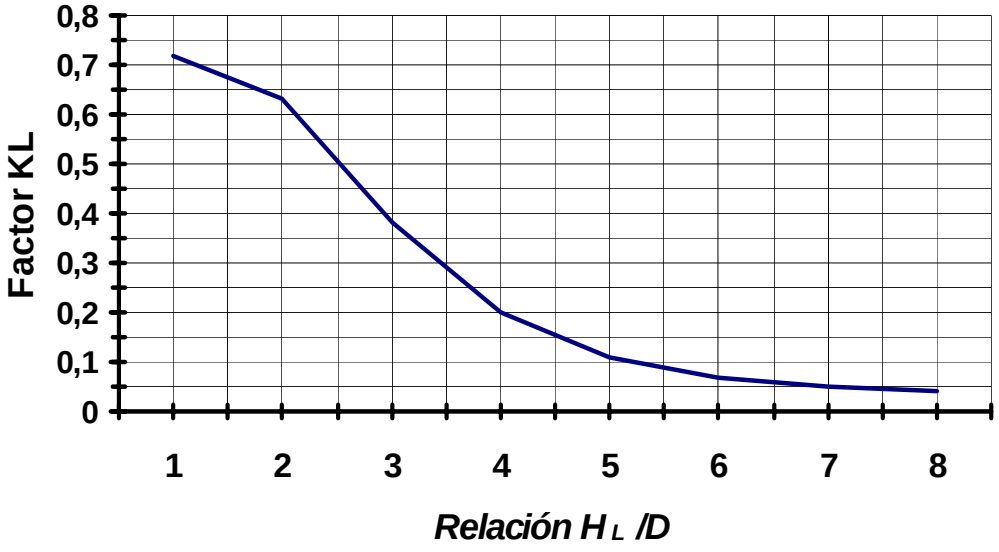


Figura 3.4.- Factor K_L para resortes a compresión con extremos articulados

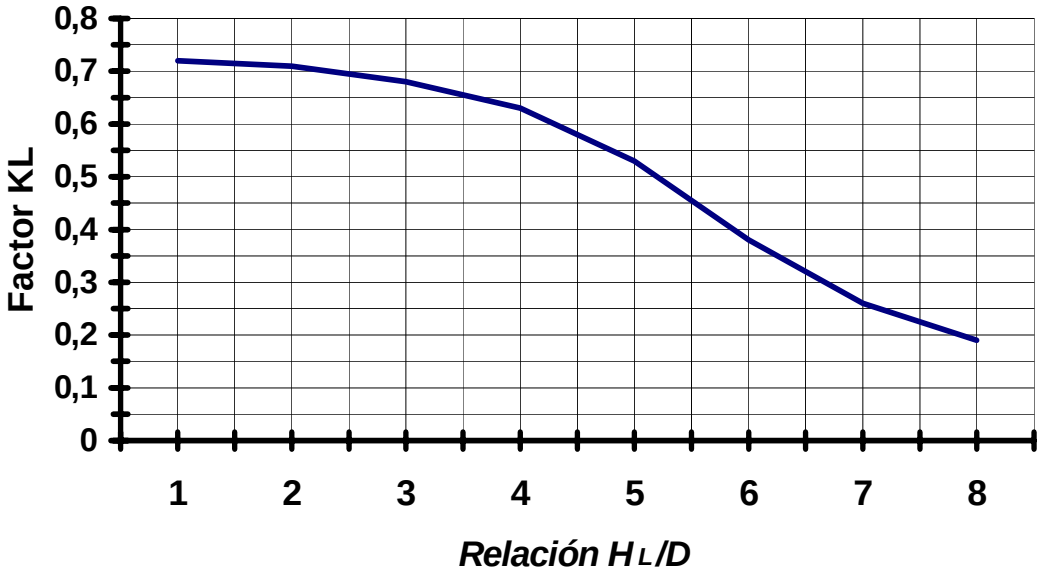
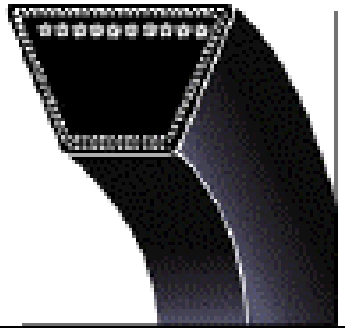
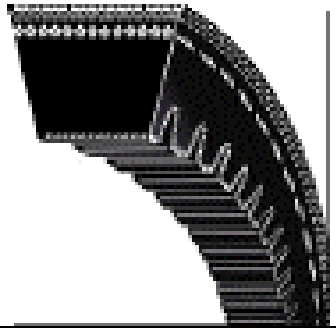
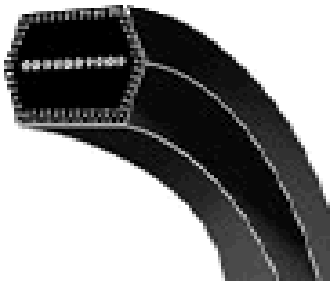
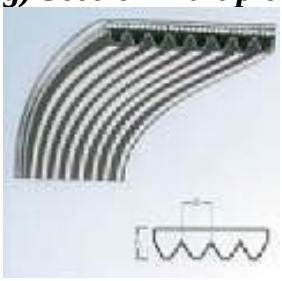


Figura 3.5.- Factor K_L para resortes a compresión con extremos fijos

CAPÍTULO 5
TRANSMISIONES FLEXIBLES

a) Cadena de rodillos 	***b) Cadena articulada*** 
c) Cadena silenciosa 	***d) Sección estándar*** 
e)Sección estándar dentada 	***f) Sección doble V*** 
g) Sección múltiple 	 ***h) Banda sincrona***

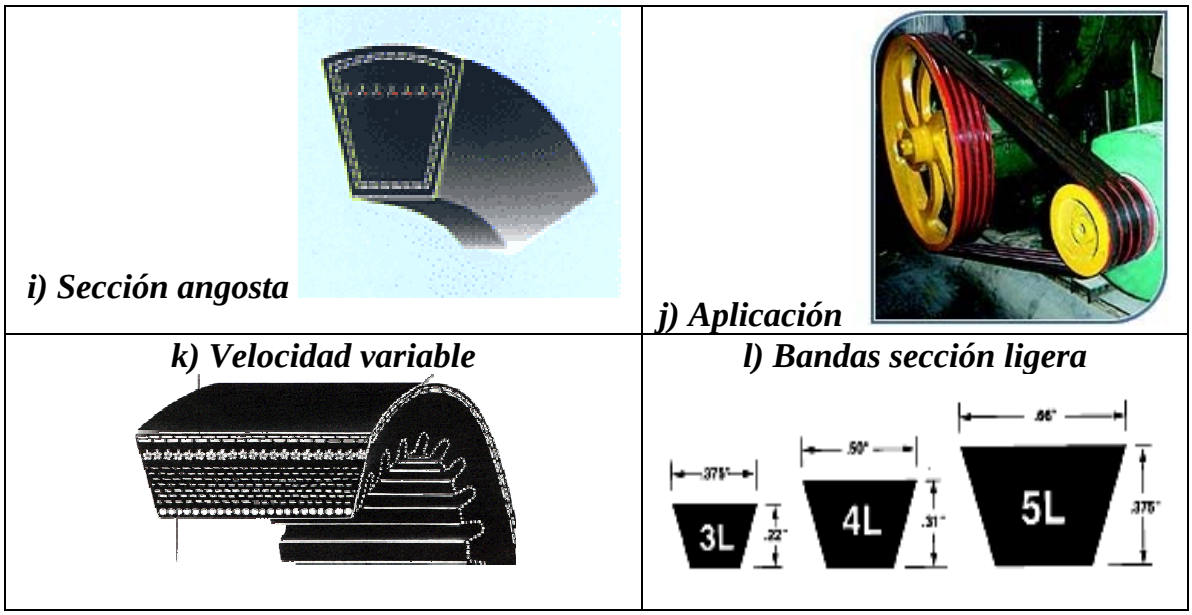
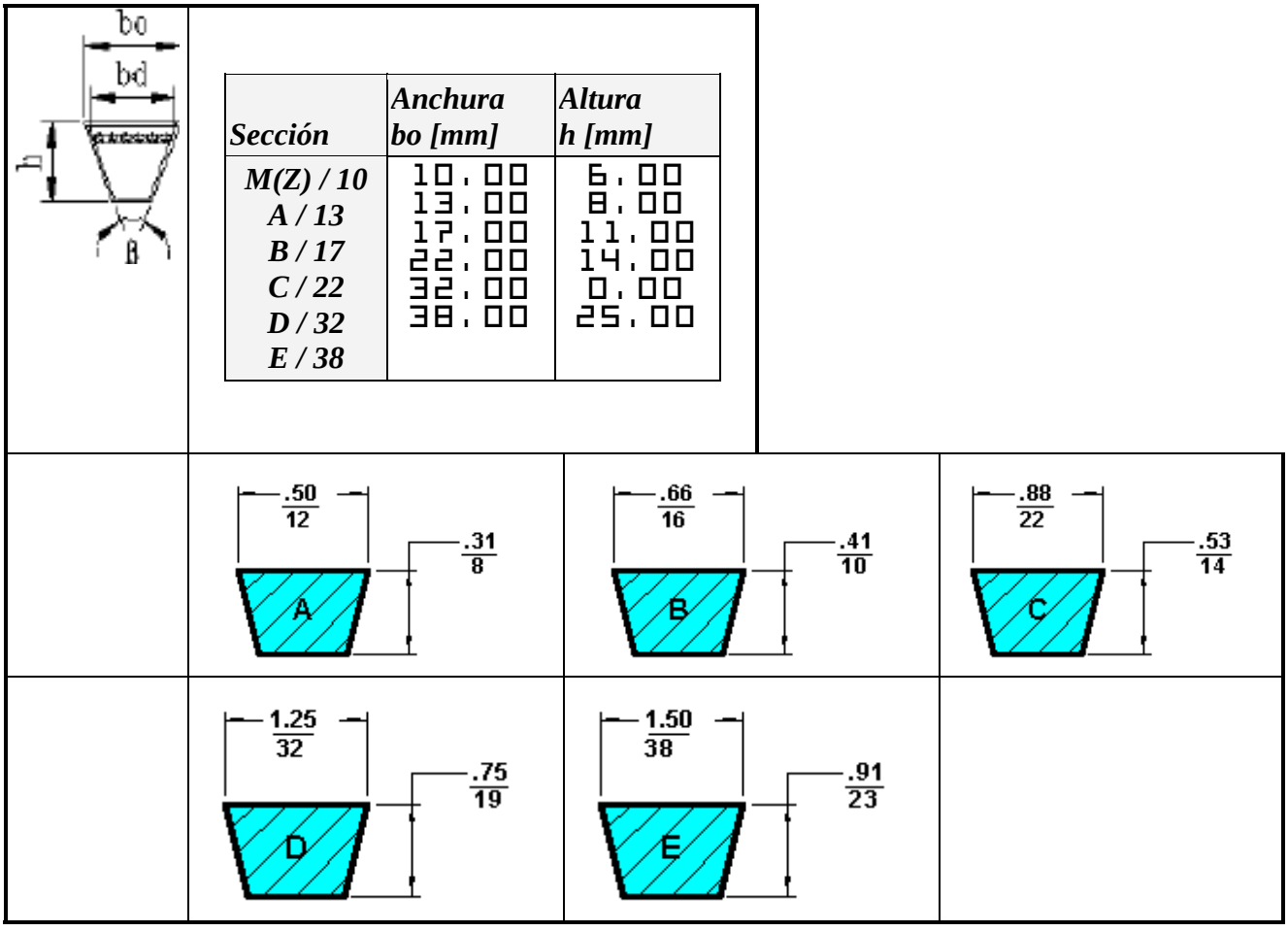


Figura 5.1.- Algunos tipos de transmisiones flexibles.



Sección	Anchura bo [mm]	Altura h [mm]
M(Z) / 10	10.00	6.00
A / 13	13.00	8.00
B / 17	17.00	11.00
C / 22	22.00	14.00
D / 32	32.00	0.00
E / 38	38.00	25.00

Figura 5.2.- Bandas V estándar

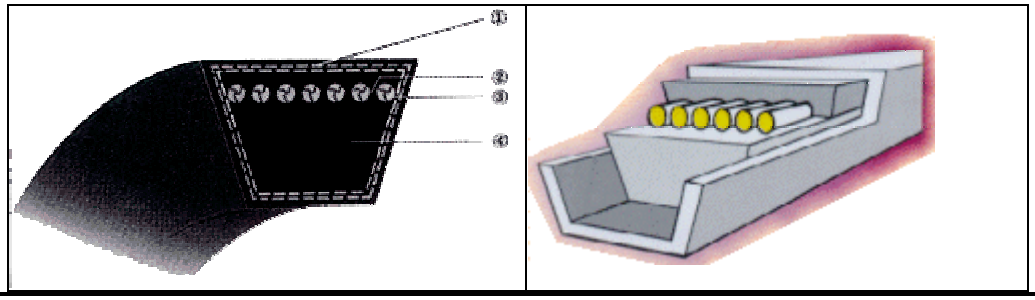


Sección	Anchura bo [mm]	Altura h [mm]
3V	9,5	8,00
5V	15,90	13,50
8V	25,40	22,20

Figura 5.3.- Bandas V sección angosta.

Tabla 5.1.- Características de diseño de algunos tipos de bandas

Sección	Dimensiones (mm)	Potencia máxima Transmisible por banda (kW)	Diámetro mínimo (mm)	Longitudes estándar (mm)
Y, 2L	6 x 4	0.6	20	200 - 500
Z, 3L	10 x 6	2.3	50	400 - 1500
A, 4L	13 x 8	3.3	75	518 - 4100
B, 5L	17 x 11	6.4	125	700 - 7165
C	22 x 14	14.0	200	1070 - 10700
D	32 x 19	32.0	355	2740 - 15200
E	38 x 23	50.0	500	3090 - 16800



Cuerda de refuerzo (3)	Sección de amortiguamiento (2)
High strength cable cords from the main component of power transmission. High tensile strength with a low stretch factor assures consistency throughout the life of the belt.	Specially compounded and firm compressed base rubber member to give support to the cord and designed to permit better wedging, flexing and grip around the pulley groove.
Cubierta (1)	**Hule (4)**
A tough high quality synthetic rubber impregnated fabric, Heat, Oil and wear resistant, it provides the resistance for an efficient drive.	Holds the tension carrying cards in place and acts as a bond to fuse the cord layer with the cushion rubber. It helps to minimise internal friction.

Figura 5.4.- Constitución de una bandas en V

Tabla 5.2.- Factor de aplicación (F)

Máquina Impulsada	Motores eléctricos: Fase dividida C.A. Jaula de ardilla par normal y síncronos C.C. devanado paralelo. Turbinas eléctricas y de agua. Motores de combustión interna más de 4 cilindros.	Motores eléctricos: C.A. Monofásicos devanados en serie. Alto deslizamiento, o alto par de arranque. C.A. Rotor devanado tipo capacitor C.C. devanado compound. Máquinas de vapor. Motores de menos de 4 cilindros. Líneas de transmisión con embragues.
Agitadores	1.2	1.4
Compresores centrífugos	1.2	1.4
Transportadores de cinta	1.2	1.4
Transportadores (de tornillos, etc.)	1.4	1.8
Molinos	1.4	1.6
Ventiladores centrífugos	1.2	1.4
Ventiladores de hélice	1.4	2.0
Generadores y alternadores	1.2	1.2
Arboles de transmisión	1.4	1.6
Bombas centrífugas	1.2	1.4
Bombas y compresores Alternantes	1.2	1.6

Tabla 5.3.- Factor de corrección por ángulo de contacto (A)

Dg-Dp / C	Angulo de contacto	Factor de corrección	Dg-Dp / C	Angulo de contacto	Factor de corrección
0.00	180°	1.0	0.76	135°	0.87
0.09	175°	0.99	0.84	130°	0.86
0.17	170°	0.98	0.92	125°	0.84
0.26	165°	0.96	1.00	120°	0.82
0.35	160°	0.95	1.07	115°	0.8
0.43	155°	0.94	1.14	110°	0.78
0.52	150°	0.92	1.22	105°	0.76
0.6	145°	0.91	1.28	180°	0.74
0.68	140°	0.89			

Tabla 5.4.- Características de diseño para bandas V estándar.

Sección de la banda	*Gama de diámetros recomendados*		*Gama de potencias para una o más bandas*	
	Pulg	*m*	*hp*	*kW*
A	3 – 5	0.075 – 0.125	¼ - 10	0.2 – 7.5
B	5.4 – 8	0.137 – 0.20	1 – 25	0.75 – 19
C	8 – 12.4	0.20 - 0.315	15-100	11-75
D	13 – 20.0	0.33 – 0.508	50 –250	38 – 190
E	22.0 – 28.0	0.56 – 0.70	100 y más	75 y más

Tabla 5.5.- Potencia transmisible por banda (K) para ángulos de contacto de 180° en kW.

SECCION DE LA BANDA	DIAMETRO DE PASO DE LA POLEA [plg]	[m]	VELOCIDAD DE LA BANDA EN [m/s] 5	10	15	20	25
A	2.6	0.066	0.4	0.5	0.4	0.1	
	3.0	0.076	0.5	0.8	0.8	0.7	0.3
	3.4	0.086	0.6	1.0	1.2	1.1	0.8
	3.8	0.096	0.65	1.2	1.4	1.5	1.3
	4.2	0.106	0.7	1.3	1.6	1.8	1.6
	4.6	0.116	0.8	1.4	1.8	2.0	1.9
	5.0 y mayor	0.127	0.9	1.5	2.0	2.2	2.2
B	4.2	0.106	0.8	1.2	1.3	0.9	0.2
	4.6	0.116	0.9	1.5	1.7	1.6	0.9
	5.0	0.127	1.0	1.7	2.1	2.1	1.6
	5.4	0.137	1.1	1.9	2.4	2.5	2.1
	5.8	0.147	1.2	2.1	2.7	2.9	2.6
	6.2	0.157	1.3	2.3	2.9	3.2	3.0
	6.6	0.167	1.4	2.4	3.2	3.5	3.3
	7.0 y mayor	0.177 y mayor	1.5	2.6	3.4	3.7	3.7
C	6	0.152	1.4	2.0	2.0	1.4	
	7	0.177	1.9	2.9	3.5	3.3	2.3
	8	0.203	2.2	3.6	4.5	4.7	4.1
	9	0.229	2.5	4.2	5.4	5.9	5.5
	10	0.254	2.7	4.7	6.0	6.8	6.6
	11	0.279	2.8	5.0	6.6	7.5	7.5
	12 y mayor	0.305 y mayor	3.0	5.3	7.0	7.6	8.3
D	10	0.254	3.1	4.6	4.9	3.8	1.0
	11	0.279	3.7	5.8	6.8	6.3	4.2
	12	0.305	4.3	6.9	8.4	8.5	6.8
	13	0.330	4.7	7.8	9.7	10.3	9.1
	14	0.355	5.1	8.6	10.9	11.8	11.0
	15	0.381	5.4	9.2	11.9	13.1	12.0
	16	0.405	5.7	9.8	12.9	14.3	14.2
	17 y mayor		6.0	10.4	13.5	15.1	15.4
E	16	0.405	6.5	10.6	13.1	13.5	11.4
	18	0.456	7.4	12.4	15.9	17.2	16.0
	20	0.508	8.1	13.9	18.1	20.1	19.7
	22	0.558	8.7	15.1	19.8	22.5	22.8
	24	0.609	9.2	16.1	21.3	24.5	25.6
	26	0.660	9.7	17.0	22.6	26.2	27.4
	28 y mayor	0.711	10.0	17.7	23.7	27.7	29.2

Tabla 5.6.- Número de serie y longitud en la línea de paso para bandas V estándar

Sección A		*Sección B*		*Sección C*		*Sección D*		*Sección E*	
No. de serie	*Long. de paso*	*No. de serie*	*Long. de paso*	*No. De serie*	*Long. de paso*	*No. de serie*	*Long. de paso*	*No. de serie*	*Long. de paso.*
A26	**26.0**	**B35**	**36.1**	**C51**	**52.6**	**D120**	**122.2**	**E180**	**183.3**
A31	**31.9**	**B38**	**39.1**	**C60**	**61.4**	**D128**	**130.4**	**E195**	**198.5**
A35	**35.9**	**B42**	**43.1**	**C68**	**69.4**	**D144**	**146.4**	**E210**	**213.6**
A38	**38.9**	**B46**	**47.1**	**C75**	**76.6**	**D158**	**160.0**	**E240**	**240.0**
A42	**42.9**	**B51**	**52.1**	**C81**	**82.6**	**D162**	**164.4**	**E270**	**270.0**
A46	**46.9**	**B55**	**56.4**	**C85**	**86.2**	**D173**	**175.4**	**E300**	**300.0**
A51	**51.9**	**B60**	**61.0**	**C90**	**91.9**	**D180**	**182.6**	**E330**	**330.0**
A60	**60.9**	**B68**	**69.3**	**C96**	**97.9**	**D195**	**197.6**	**E360**	**360.0**
A68	**68.9**	**B75**	**76.3**	**C105**	**106.9**	**D210**	**213.1**		
A75	**75.9**	**B81**	**82.3**	**C112**	**113.9**	**D240**	**240.0**		
A80	**81.1**	**B85**	**86.5**	**C120**	**122.0**	**D270**	**270.0**		
A85	**86.1**	**B90**	**91.5**	**C128**	**130.0**	**D300**	**300.0**		
A90	**91.1**	**B97**	**99.0**	**C144**	**146.0**	**D330**	**330.0**		
A96	**97.1**	**B105**	**106.5**	**C158**	**160.0**	**D360**	**360.0**		
A105	**106.1**	**B112**	**114.0**	**C162**	**164.4**				
A112	**113.1**	**B120**	**121.5**	**C173**	**175.0**				
A120	**121.1**	**B128**	**129.5**	**C180**	**182.0**				
A128	**129.1**	**B144**	**145.5**	**C195**	**197.0**				
		B158	**159.5**	**C210**	**212.0**				
		B173	**174.5**	**C240**	**240.0**				
		B180	**181.6**	**C270**	**270.0**				
		B195	**196.3**	**C300**	**300.0**				
		B210	**211.3**	**C330**	**330.0**				
		B240	**240.0**	**C360**	**360.0**				
		B270	**270.0**						
		B300	**370.0**						

Tabla 5.7.-Dimensiones normalizadas para cadenas silenciosas



ANSI Chain No.	Paso x ancho		Roller Dia.	Pin			Link Plate				Tensile Strength
				Dia.	Length		Height		Thickness		
	inch	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kgf
25H	1/4" x 1/8"	6.350 x 3.175	3.30	2.30	4.50	5.10	5.00	5.80	1.00	1.00	530
82RH2005	1/4" x 1/8"	6.350 x 3.175	SC0405DHA	2.40	6.10		2.80	6.70	1.00	0.70	520
82RH2010	1/4" x 1/4"	6.350 x 6.350	SCA0409	2.40	8.25		2.80	6.70	1.00	0.70	780
82RH2015	1/4" x 3/8"	6.350 x 9.525	SC2515	2.40	10.30		2.80	6.70	1.00	1.00	1040
92RH2005	1/4" x 1/8"	6.350 x 3.175	SCA0404	2.40	6.10		2.80	6.70	1.00	0.70	520
92RH2010	1/4" x 1/4"	6.350 x 6.350	SC0412H	2.40	8.25		2.80	6.70	1.00	0.70	780
92RH2015	1/4" x 3/8"	6.350 x 9.525	SCA0412HSDH	2.40	10.30		2.80	6.70	1.00	1.00	1040
270H	0.335 x 0.187	8.50 x 4.5	5.00	3.28	13.15		6.96	8.60	1.30	1.70	980

Tabla 5.8.- Dimensiones normalizadas para cadenas de rodillos



ANSI Chain No.	Paso x ancho		Roller Dia.	Pin			Link Plate				Tensile Strength
				Dia.	Length		Height		Thickness		
	inch	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kgf
25	1/4" x 1/8"	6.350 x 3.175	3.30	2.30	3.80	4.80	5.00	5.80	1.00	1.00	530
35	3/8" x 3/16"	9.525 x 4.800	5.08	3.60	5.80	7.00	7.40	8.70	1.25	1.25	950
41	1/2" x 1/4"	12.70 x 6.35	7.80	6.60	7.90	8.50	8.33	9.73	1.25	3.62	950
40	1/2" x 5/16"	12.70 x 7.95	7.95	3.96	8.25	9.35	10.20	12.00	1.50	1.50	1800
50	5/8" x 3/8"	15.875 x 9.53	10.16	5.06	10.10	11.60	13.00	15.00	2.00	2.00	3000
60	3/4" x 1/2"	19.05 x 12.70	11.91	5.95	12.50	14.15	15.65	17.50	2.40	2.40	4200
80	1" x 5/8"	25.4 x 15.88	15.87	7.94	16.10	17.70	20.80	24.00	3.10	3.10	7300

CAPÍTULO 6
RODAMIENTOS

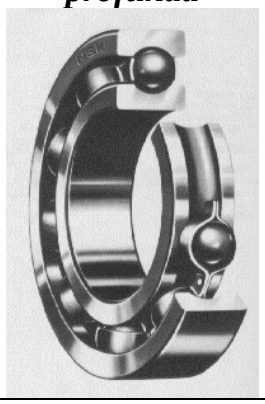
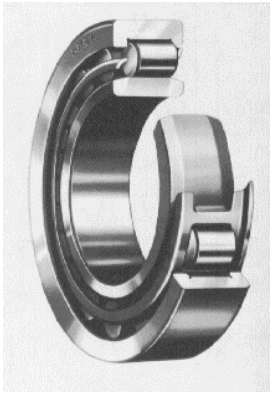
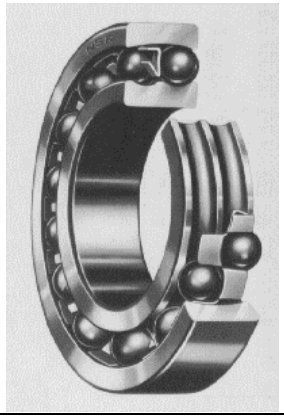
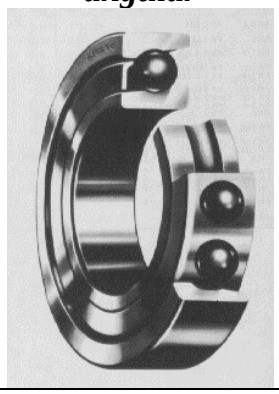
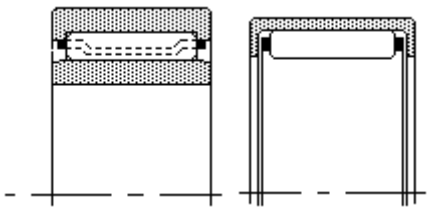
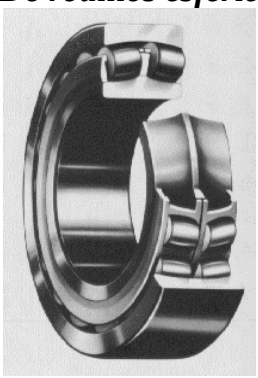
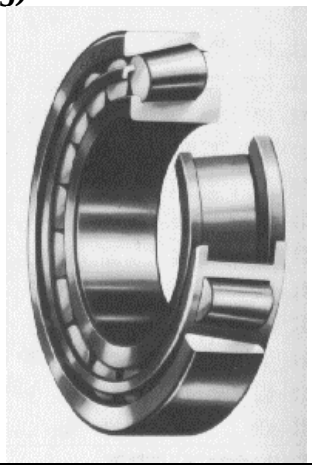
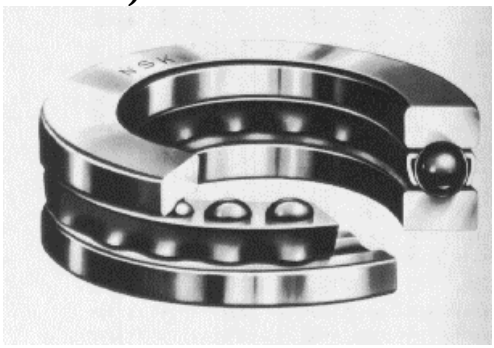
a) De bolas de ranura profunda 	***b) De rodillos cilíndricos*** 	***c)Autoalineante de bolas*** 
d) De bolas de contacto angular 	***e) De agujas*** 	***f) De rodillos esféricos*** 
g) De rodillos cónicos 	***h) Axiales de bolas*** 	***i) Con soporte*** 

Figura 6.1.- Principales tipos de rodamientos.

Tabla 6.1 .- Características de cada tipo de rodamiento para poder ser usado en una aplicación específica.

Rodamiento	*Dirección de la carga*			*Relación carga/volumen*			*Capacidad de desalineación*		
	Radial	*Axial*	*Ambas*	*Alta*	*Media*	*Baja*	*Alta*	*Media*	*baja*
De bolas de ranura profunda	**Si**		**Si**		**Si**			**Si**	
De rodillos cilíndricos	**Si**		*Algunos*		**Si**				**Si**
De agujas	**Si**		**Si**	**Si**					**Si**
De rodillos cónicos	**Si**	**Si**	**Si**		**Si**				**Si**
Autoalineante de bolas	**Si**		**Si**			**Si**	**Si**		
De rodillos esféricos	**Si**		**Si**		**Si**		**Si**		
De bolas de contacto angular		**Si**				**Si**			**Si**
Axial de bolas		**Si**			**Si**				**Si**

Después de seleccionar el tipo de rodamiento adecuado se debe determinar su tamaño en base a su capacidad de carga estática o su capacidad de carga dinámica. Si el rodamiento está estacionario por largos períodos o gira lentamente y sometido a cargas de impacto, entonces, el procedimiento de selección debe realizarse sobre la base de su capacidad de carga estática. Para operación continua el rodamiento se selecciona sobre la base de su capacidad de carga dinámica.

Capacidad de carga estática.-

La capacidad de carga estática para cada rodamiento que se puede encontrar en manuales se basa en las cargas estáticas radial y axial que actúan sobre el rodamiento.

Cuando un rodamiento está sometido tanto a cargas axial y radial, la carga equivalente estática puede calcularse así:

$$Po = XoFr + YoFa$$

Sí sólo actúan fuerzas radiales:

$$Po = Fr$$

Donde:
Po = carga equivalente estática (N)
Fr = carga estática radial (N)
Fa = carga estática axial (N)
Xo = factor radial estático
Yo = factor estático axial.

Los valores Xo & Yo se proporcionan en tablas.

El coeficiente de Seguridad estática se puede calcular así:

$$Co = SoPo$$

Donde:

Co = Coeficiente de seguridad estática (N)
So = factor de seguridad estática
Po = Carga estática equivalente (N)

Los valores de So dependen del tipo de rodamiento y de las necesidades de funcionamiento. En la tabla 6.2 se proporcionan los valores del Coeficiente de Seguridad

Tabla 6.2.- Coeficiente de seguridad estático

Tipo de carga	*Ruido no importante*		*Funcionamiento normal*		*Funcionamiento silencioso*	
	Bolas	*Rodillos*	*Bolas*	*Rodillos*	*Bolas*	*Rodillos*
Carga suave	*0.5*	*1*	*1*	*1.5*	*2*	*3*
Carga normal	*0.5*	*1*	*1*	*1.5*	*2*	*3.5*
Carga con impacto	*≥1.5*	*≥2.5*	*≥1.5*	*≥3*	*≥2*	*≥4*

Capacidad de carga dinámica

La capacidad de carga dinámica de un rodamiento depende de las fuerzas dinámicas que actúan sobre el rodamiento, así como de las cargas estáticas básicas. Por lo tanto el primer paso es calcular la carga estática equivalente antes de continuar con el procedimiento siguiente.
Si el rodamiento está sometido tanto a carga radial como a carga axial, entonces puede calcularse la carga dinámica equivalente:

$$P = XFr + YFa$$

Donde:

P = Carga dinámica equivalente (N)
Fr = Carga estática radial (N)
Fa = carga estática axial (N)
X = factor radial
Y= factor axial

cuando Fa = 0 o Fa es relativamente pequeño hasta un valor límite de Fa/Fr = e (donde e es un valor límite) entonces:

$$P = Fr$$

Los valores de X, Y & e se proporcionan en tablas.

Una vez que se ha calculado la carga dinámica equivalente puede utilizarse para calcular la capacidad de carga dinámica del rodamiento, utilizándose este valor para seleccionar el rodamiento sobre la base de la vida requerida y a la carga dinámica equivalente (P)

La ecuación ISO para duración nominal establece:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{p} \quad \text{or} \quad C = PL_{10}^{1/p}$$

Donde:
L = Duración nominal en millones de revoluciones
C = capacidad de carga dinámica del rodamiento
P = carga dinámica equivalente
p = exponente de duración
p = 3 para todos los rodamientos de bolas
p = 10/3 para los demás tipos de rodamientos.

Duración nominal de un rodamiento

La duración nominal (definida como el número de revoluciones que el 90% de un grupo de rodamientos idénticos pueden sobrevivir) se determina a partir de la vida esperada del rodamiento. Las expectativas de vida para diversas máquinas de proporcionan en la tabla 6.3.

Tabla 6.3.- Vida esperada en un rodamiento para diversas aplicaciones.

Uso de la máquina	*Horas*
Intermitente, máquinas domésticas	*300-3000*
Periodos cortos- herramientas manuales- automóviles	*3000-8000*
Alta confiabilidad por periodos cortos-grúas	*8000-12000*
8 horas / día- uso parcial – motores	*10000-25000*
8 horas / día- uso total- máquinas herramientas-ventiladores	*20000-30000*
Uso continuo	*40000-50000*

Rodamientos de bolas de garganta profunda

Carga estática equivalente

Sí Fa/Fr > 0.8, Po = 0.6Fr + 0.5Fa

Sí Fa/Fr <= 0.8, Po = Fr

Carga dinámica equivalente

P = XFr + YFa

X & Y son dependientes de la relación Co/Fa

$\frac{Co}{Fa}$	e	$\frac{Fa}{Fr} \leq e$		$\frac{Fa}{Fr} > e$	
		X	Y	X	Y
5	0.35	1	0	0.56	1.26
10	0.29	1	0	0.56	1.49
15	0.27	1	0	0.56	1.64
20	0.25	1	0	0.56	1.76
25	0.24	1	0	0.56	1.85
30	0.23	1	0	0.56	1.92
50	0.20	1	0	0.56	2.13
70	0.19	1	0	0.56	2.28

Rodamientos de rodillos cilíndricos

Carga estática equivalente

$$Po = Fr$$

Calculo de la carga equivalente

$$P = Fr$$

Rodamientos de agujas

Estos rodamientos solamente pueden soportar cargas axiales, por lo tanto.

$$Po = Fr$$
$$P = Fr$$
$$So \geq 3$$

Rodamientos de rodillo cónicos.

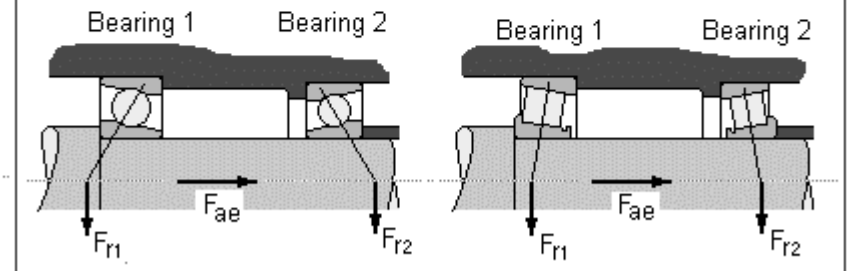
$$Fai = 0.6Fr + Y$$

Donde:

Fai = Componente de la carga en dirección axial

Assume that radial loads F_{r1} and F_{r2} are applied on bearings 1 & 2 respectively, and an external axial load F_{ae} is applied as shown. If the axial load factors are Y_1, Y_2 and the radial load factor is X, the equivalent loads P_1, P_2 may be calculated as follows:

Where $F_{ae} + \frac{0.6\,F_{r2}}{Y_2} > \frac{0.6\,F_{r1}}{Y_1}$	$P_1 = X\,F_{r1} + Y_1\left(F_{ae} + \frac{0.6\,F_{r2}}{Y_2}\right)$ $P_2 = F_{r2}$
Where $F_{ae} + \frac{0.6\,F_{r2}}{Y_2} < \frac{0.6\,F_{r1}}{Y_1}$	$P_1 = F_{r1}$ $P_2 = X\,F_{r2} + Y_2\left(\frac{0.6\,F_{r1}}{Y_1} - F_{ae}\right)$



Loads in Opposed Duplex Arrangement

Source: NSK-RHP

Carga equivalente estática

Po = 0.5Fr + YoFa o sí Po < Fr use Po = Fr

Carga equivalente dinámica

Sí Fa/Fr <= e, P = Fr
Sí Fa/Fr > e, P = 0.4Fr + Y1Fa

Los valores de e , Yo , Y1 se proporcionan en catálogos.

Rodamiento de bolas de contacto angular (ángulo de contacto = 40|)

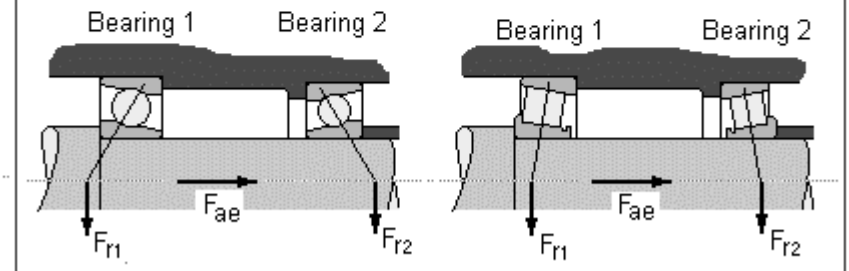
$$F_{ai} = 0.6F_r Y$$

Donde:

Fai = Componente de la carga en dirección axial

Assume that radial loads F_{r1} and F_{r2} are applied on bearings 1 & 2 respectively, and an external axial load F_{ae} is applied as shown. If the axial load factors are Y_1, Y_2 and the radial load factor is X, the equivalent loads P_1, P_2 may be calculated as follows:

Where $F_{ae} + \frac{0.6\,F_{r2}}{Y_2} > \frac{0.6\,F_{r1}}{Y_1}$	$P_1 = X\,F_{r1} + Y_1\left(F_{ae} + \frac{0.6\,F_{r2}}{Y_2}\right)$ $P_2 = F_{r2}$
Where $F_{ae} + \frac{0.6\,F_{r2}}{Y_2} < \frac{0.6\,F_{r1}}{Y_1}$	$P_1 = F_{r1}$ $P_2 = X\,F_{r2} + Y_2\left(\frac{0.6\,F_{r1}}{Y_1} - F_{ae}\right)$



Loads in Opposed Duplex Arrangement

Source: NSK-RHP

Carga equivalente estática en rodamiento sencillo o en tandem

Po = 0.5Fr + 0.26Fa o sí Po < Fr use Po = Fr

Carga equivalente estática espalda-espalda ó frente-frente

Po = Fr + 0.52Fa

Carga equivalente dinámica en rodamiento sencillo ó en tandem

Sí Fa/Fr <= 1.14, P = Fr
Sí Fa/Fr > 1.14, P = 0.35Fr + 0.57Fa

Carga equivalente dinámica esplada-espalda o frente a frente

Sí Fa/Fr <= 1.14, P = Fr + 0.55Fa
Sí Fa/Fr > 1.14, P = 0.57Fr + 0.93Fa

Fr y Fa son las fuerzas que actúan sobre el par de rodamientos.

Rodamiento de bolas autoalineante

Carga equivalente estática

$$Po = Fr + YoFa$$

Y se proporciona en tablas para cada rodamiento

Carga equivalente dinámica

$$Sí\ Fa/Fr <= e,\ P = Fr + Y3Fa$$
$$Sí\ Fa/Fr > e,\ P = 0.65Fr + Y3Fa$$

Los valores de e, Yo , Y2 , Y3 se proporcionan en tablas.

Rodamientos de rodillos esféricos

Carga estática equivalente

$$Po = Fr + YoFa$$

Carga equivalente dinámica

$$Sí\ Fa/Fr <= e,\ P = Fr + Y3Fa$$
$$Sí\ Fa/Fr > e,\ P = 0.67Fr + Y2Fa$$

Los valores de e , Yo , Y2, Y3 se proporcionan en tablas.

Rodamiento axial de bolas.

Carga estática equivalente

$$Po = Fa$$

Carga equivalente dinámica

$$P = Fa$$

Tabla 6.4.- Parámetros de diseño para rodamientos de bolas de ranura profunda

	*Dimensiones*				**Capacidad**		**Velocidad**	
	d	D	B	r_{min}	C_{ISO}	$C_{0,ISO}$	Grasa	Aceite
	(mm)	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(kN)**	**(kN)**	**n_g (rpm)**	
6000	**10**	**26**	**8**	**0.3**	**4.58**	**1.97**	**28 500**	**35 000**
6001	**12**	**28**	**8**	**0.3**	**6.10**	**2.37**	**25 500**	**32 000**
6002	**15**	**32**	**9**	**0.3**	**6.59**	**2.84**	**22 000**	**28 000**
6003	**17**	**35**	**10**	**0.3**	**6.00**	**3.25**	**20 000**	**25 000**
6004	**20**	**42**	**12**	**0.6**	**9.38**	**6.03**	**16 500**	**20 000**
6005	**25**	**47**	**12**	**0.6**	**10.07**	**6.83**	**14 500**	**18 000**
6006	**30**	**55**	**13**	**1.0**	**13.23**	**8.28**	**12 000**	**15 000**
6007	**35**	**62**	**14**	**1.0**	**16.98**	**10.28**	**10 500**	**13 000**
6008	**40**	**68**	**15**	**1.0**	**16.77**	**11.55**	**9 500**	**12 000**
6009	**45**	**75**	**16**	**1.0**	**20.98**	**16.15**	**8 500**	**10 500**
6010	**50**	**80**	**16**	**1.0**	**21.79**	**16.58**	**8 000**	**10 000**
6011	**55**	**90**	**18**	**1.1**	**28.27**	**21.25**	**7 200**	**9 000**
6012	**60**	**95**	**18**	**1.1**	**29.44**	**23.16**	**6 700**	**8 000**
6013	**65**	**100**	**18**	**1.1**	**30.54**	**26.15**	**6 300**	**7 500**
6014	**70**	**110**	**20**	**1.1**	**38.05**	**30.87**	**5 700**	**6 800**
6015	**75**	**115**	**20**	**1.1**	**39.52**	**33.47**	**5 400**	**6 500**
6016	**80**	**125**	**22**	**1.1**	**47.64**	**39.68**	**5 000**	**6 000**
6017	**85**	**130**	**22**	**1.1**	**49.53**	**42.98**	**4 800**	**5 800**
6018	**90**	**140**	**24**	**1.5**	**58.16**	**49.60**	**4 500**	**5 400**
6019	**95**	**145**	**24**	**1.5**	**60.36**	**53.87**	**4 300**	**5 200**
6020	**100**	**150**	**24**	**1.5**	**60.14**	**54.18**	**4 100**	**4 900**
6021	**105**	**160**	**26**	**2.0**	**72.30**	**66.77**	**3 900**	**4 700**
6022	**110**	**170**	**28**	**2.0**	**81.97**	**72.75**	**3 700**	**4 400**
6024	**120**	**180**	**28**	**2.0**	**84.94**	**79.23**	**3 400**	**4 000**
6026	**130**	**200**	**33**	**2.0**	**106.35**	**100.61**	**3 100**	**3 700**
6028	**140**	**210**	**33**	**2.0**	**109.99**	**108.64**	**2 800**	**3 300**

Tabla 6.5.- Parámetros de diseño para rodamientos cónicos.

	*Dimensiones (mm)*			*Capacidad* (daN)		*Velocidad de giro limite r.p.m*	
	d	*D*	*B*	*C*	*Co*	*Grasa*	*Aceite*
302 03	17	40	12	1660	1120	10000	13000
302 04	20	47	14	2400	1700	8500	11000
302 05	25	52	15	2700	1960	7500	10000
302 06	30	62	16	3550	2600	6300	8300
302 07	35	72	17	4500	3350	5300	7000
302 08	40	80	18	5200	3900	4800	6300
302 09	45	85	19	5850	4500	4400	5800
302 10	50	90	20	6550	5300	4100	5400
302 11	55	100	21	7800	6200	3600	4700
302 12	60	110	22	8500	6700	3300	4300
302 13	65	120	23	10000	8000	3000	3900
302 14	70	125	24	11000	9000	2800	3700
302 15	75	130	25	12200	10200	2600	3400
302 16	80	140	26	12900	10600	2500	3300
302 17	85	150	28	15300	12700	2300	3000
302 18	90	160	30	17000	14300	2200	2900
302 19	95	170	32	19000	16000	2000	2600
302 20	100	180	34	21600	18600	1900	2500
302 21	105	190	36	23600	20400	1800	2400
302 22	110	200	38	26500	23600	1700	2300
302 24	120	215	40	30000	26500	1600	2100

"FORMULARIO"

Esfuerzo Normal

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{P}{A}$$

Elongación

$$\delta = \frac{PL}{EA}$$

Deformación unitaria por corte

$$\gamma = \frac{\varepsilon_S}{L}$$

Módulo de elasticidad al corte

$$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

Módulo de elasticidad o de Young (Rigidez del material)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\sigma_{FLUENCIA}}{\sigma_{ADMISIBLE}}$$

Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\tau_{FLUENCIA}}{\tau_{ADMISIBLE}}$$

Esfuerzo de contacto

$$\sigma_C = \frac{P}{A_C}$$

$$\sigma_C = \frac{P}{n(d*t)}$$

Módulo o relación de Poisson

$$\mu = \left|\frac{-\varepsilon_Y}{\varepsilon_X}\right| = \left|\frac{-\varepsilon_Z}{\varepsilon_X}\right|$$

Esfuerzos térmicos

$$\delta_T = \alpha L(\Delta T)$$

$$\sigma_T = \alpha E(\Delta T)$$

Deformación unitaria sobre el eje x (elemento sometido a tensión)

$$\varepsilon_X = \frac{\delta_X}{L_X}$$

Deformación unitaria sobre el eje y

$$\varepsilon_Y = \frac{-\delta_Y}{L_Y}$$

Deformación unitaria sobre el eje z

$$\varepsilon_Z = \frac{-\delta_Z}{L_Z}$$

Esfuerzo y deformación angular en flechas

$$\tau = \frac{\pi R}{J} = \frac{\pi D}{2J}$$

$$\theta = \frac{M_t L}{GJ}$$

Momento polar de inercia para una sección circular sólida

$$J = \frac{\pi D^4}{32} = \frac{\pi R^4}{2}$$

Momento polar de inercia para una sección circular hueca

$$J = \frac{\pi\left(R_E^4 - R_I^4\right)}{2}$$

Momento polar de inercia para una sección circular de pared delgada o tubular

$$J = 2\pi R_E^3 t$$

Transmisión de potencia mediante flechas

$$Pot = M_T \omega$$

$$Pot = \frac{M_t n}{63000} \quad \textbf{(Sistema inglés)}$$

$$Pot = \frac{M_t n}{9550} \quad \textbf{(Sistema Internacional)}$$

$$Pot = \frac{M_t n}{71600} \quad \textbf{(Sistema métrico técnico)}$$

RESORTES

Esfuerzo cortante

$$\tau = k_S \frac{8PD}{\pi d^3}$$

Deformación axial

$$\Delta = \frac{8PC^3 n_C}{Gd}$$

Constante del resorte

$$q = \frac{P}{\Delta}$$

RECIPIENTES A PRESIÓN DE PARED DELGADA

RECIPIENTES CILÍNDRICOS

Esfuerzo radial

$$\sigma_1 = \frac{Pe \cdot r}{t} = \frac{Pe.d}{2t}$$

Esfuerzo longitudinal

$$\sigma_2 = \frac{Pe \cdot d}{4t} = \frac{Pe.r}{2t}$$

RECIPIENTES ESFÉRICOS

Esfuerzo radial

$$\sigma_1 = \frac{Pe \cdot d}{4t}$$

Esfuerzo longitudinal

$$\sigma_2 = \frac{Pe \cdot d}{4t}$$

ESFUERZOS EN VIGAS

Esfuerzo normal o de flexión

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

Esfuerzo cortante directo

$$\tau = \frac{V}{A}$$

Esfuerzo cortante longitudinal

$$\tau = \frac{V\,Q}{Ib}$$

Modulo de sección

$$Z = \frac{I}{C}$$

Esfuerzos principales máximo y mínimo

(Máximo)

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

(Mínimo)

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

Esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{mx} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

Teoría de la energía máxima de distorsión

$$(\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2 - \sigma_1\sigma_2 \le (\sigma_f)^2$$

Teoría del esfuerzo normal

$$|\sigma_1| \le \frac{\sigma_{max}}{F.S} \qquad \textbf{y} \qquad |\sigma_2| \le \frac{\sigma_{max}}{F.S}$$

Teoría del esfuerzo cortante máximo

$$\sigma_1 \le \frac{\sigma_f}{FS} \qquad \textbf{y} \qquad \sigma_2 \le \frac{\sigma_f}{F.S}$$

$$|\ \sigma_1 - \sigma_2|\ \le \frac{\sigma_f}{F.S}$$

Factor teórico de esfuerzos

$$K_t = \frac{\sigma_{mx}}{\sigma_{promedio}}$$

Kt=factor teórico

Calculo de esfuerzos incluyendo la concentración de esfuerzos.

Axial

$$\sigma = k_t \frac{P}{A}$$

Torsión

$$\tau = k_t \frac{M_t D}{2J}$$

Flexión

$$\sigma = k_t \frac{MC}{I}$$

Resistencia a la fatiga

$$\sigma_e = \sigma_e' \left(\frac{1}{k_f} \right) k_a k_b k_c k_d \quad \textbf{(flexión)}$$

$$\tau = \tau_e' \left(\frac{1}{k_f} \right) k_a k_b k_c k_d \quad \textbf{(torsión)}$$

Ecuaciones de diseño

Ec. de Goodman

$$\frac{1}{F.S} = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\max}} + \frac{\sigma_r}{\sigma_e}$$

Ec. de Gerber

$$\frac{1}{F.S} = \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_{\max}} \right)^2 + \frac{\sigma_r}{\sigma_e}$$

Ec. de Soderberg

$$\frac{1}{\mathrm{F.S}} = \frac{\sigma_m}{\sigma_f} + \frac{\sigma_r}{\sigma_e} \quad \textbf{(cargas axiales)}$$

$$\frac{1}{\mathrm{F.S}} = \frac{\tau_m}{\tau_f} + \frac{\tau_r}{\tau_e} \quad \textbf{(torsión)}$$

PROYECTO DE FLECHAS

Ecuación para flechas sometidas acargas variables

$$\frac{\sigma_f}{\mathrm{F.S}} = \frac{32}{\pi D^3} \sqrt{\left(M_m + M_r \frac{\sigma_f}{\sigma_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(Mt_m + Mt_r \frac{\tau_f}{\tau_e} \right)^2}$$

Momentos flexionantes

$$Mm = \frac{Mmx + M\min}{2}$$

$$Mr = \frac{Mmx - M\min}{2}$$

Momentos torsionantes

$$Mtm = \frac{Mtmx + Mt\min}{2}$$

$$Mtr = \frac{Mtmx - Mt\min}{2}$$

Código ASME

$$\tau_{cal} = \frac{16}{\pi D^3} \sqrt{(Cm * M)^2 + (Ct * Mt)^2}$$

ENGRANES

$$P_c = \frac{\pi D_p}{N_p} = \frac{\pi D_g}{N_g}$$

$$P = \frac{N_p}{D_p} = \frac{N_g}{D_g}$$

$$P_c * P = \pi$$

$$m = \frac{D_p}{N_p}$$

$$m_w = \frac{n_p}{n_g} = \frac{D_g}{D_p} = \frac{N_g}{D_p}$$

$$C = \frac{1}{2P}\left(N_p + N_g\right)$$

$$C = \frac{m}{2}\left(N_p + N_g\right)$$

$$\theta = \cos^{-1}\frac{D_b}{D}$$

$$b = k * P_c$$

$$F_t = \frac{2M_t}{D}$$

Ecuación de Lewis

$$F = \sigma * k * y * \frac{\pi^2}{P^2}$$

$$F = \sigma * k * y * \pi^2 * m^2$$

Ecuación de AGMA

$$F = \frac{12 * \sigma * J * k_v}{P^2 * k_a * k_s}$$

$$F = \frac{12 * \sigma * J * k_v * m^2}{k_a * k_s}$$

Esfuerzo de contacto en un diente (desgaste)

$$\sigma_c = C_p\left(\frac{F_t * k_a * k_s}{k_v * b * D_p * I}\right)^{1/2}$$

Cp=coeficiente elástico=2317.6 $\frac{\text{lb}^{1/2}}{\text{plg}}$ ***(sistema inglés)***

BIBLIOGRAFÍA

1.- Diseño de elementos de máquinas.
Robert L. Mott
Prentice Hall Hispanoamericana . México. 1995.

2.- Diseño y análisis de elementos de máquinas
R. R. Slymaker
Limusa-Wiley. México. 1966.

3.- Diseño en ingeniería mecánica
Joseph Edward Shigley y Charles R. Mischke
Mc. Graw Hill. México. 1993.

4.- Diseño de máquinas. Teoría y práctica.
Aarón D. Deutschman, Walter J. Michels y Charles E. Wilson
Ed. CECSA. México. 1987.

5.- Machine design
Paul H. Black
O. Eugene Adams Jr.
Mc. Graw Hill. Tokio. 1968

6.- Mechanical Behavior of Materials
Norman E. Dowling
Prentice Hall. New Jersey. 1993.

7.- Diseño de elementos de máquinas
Guillermo Aguirre Esponda
Ed. Trillas-UNAM. México.1990.

8.- Rodamientos Steyr.
Catálogo 277 S
Steyr- Daimler- Punch. Austria. 1977.

9.- www.orsbearins.com

10.- www.palmexico.com

11.- www.agma.org

12.- www.asme.org

13.- www.afbma.org