

**Asignatura:** Cálculo y diseño de elementos de máquinas 1

6° A Electromecánica

**Profesor:** Andrés Vennera

**Email:** [andresvennera@gmail.com](mailto:andresvennera@gmail.com) / **Teléfono:** 3547678967

**Objetivo del trabajo Práctico:**

- Introducción a cojinetes de diverso tipo.
- Contacto con manuales técnicos de rodamientos.
- Introducción a engranajes y ruedas dentadas.
- Incorporación de vocabulario específico

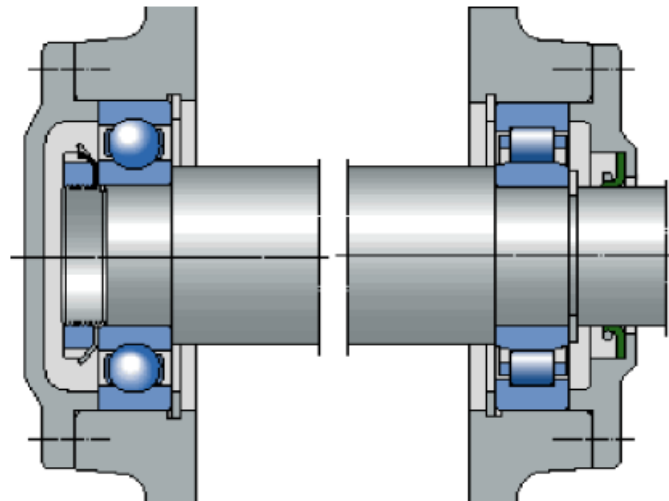
**Criterios de evaluación:**

- Participación en las instancias y medios de consulta (clases, whatsapp).
- Presentación en tiempo y forma de las actividades propuestas.

Les recomiendo leer atentamente el apunte y tratar de participar de las clases presenciales. Es importante que participen ya que es el momento ideal para ver dudas y ustedes puedan realizar preguntas, así como también enriquecerse de las dudas planteadas por sus compañeros. También recuerden que pueden consultar al docente via email o por whatsapp las dudas que les surjan sobre la realización de las actividades.

## 1) Introducción

Vimos en las secuencias anteriores los **árboles mecánicos** los cuales nos permitían transmitir potencia por medio de rotación. En los motores, y en las máquinas en general, estos deben ser instalados y soportados por medio de **cojinetes**.



El propósito de un cojinete es el de proporcionar una posición relativa y libertad de rotación, además de transmitir una carga entre dos estructuras, usualmente un eje y una carcasa.

Los cojinetes puede ser de **deslizamiento** o de **rodadura**:



<p>De DESLIZAMIENTO</p>	
<p>De RODADURA (“RODAMIENTOS”)</p>	

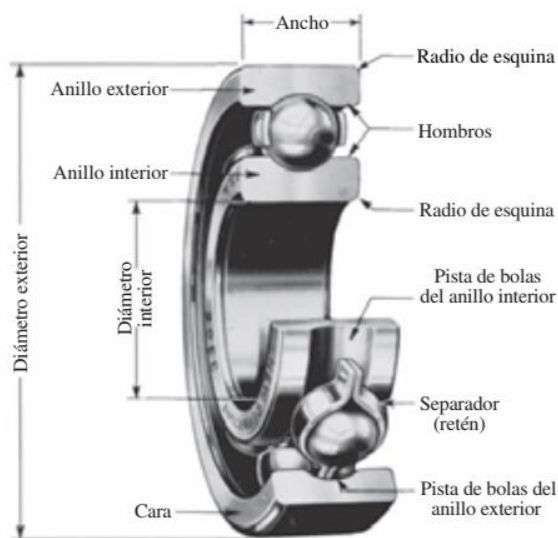
La fricción se considera como **la fuerza que resiste el movimiento relativo entre las superficies en contacto**.

La fricción por rodamiento es mucho más pequeña, al menos un orden de magnitud, que la fricción por deslizamiento. Por este motivo es que en casos donde se genere mucha fricción se instalarán rodamientos en vez de cojinetes por deslizamiento.

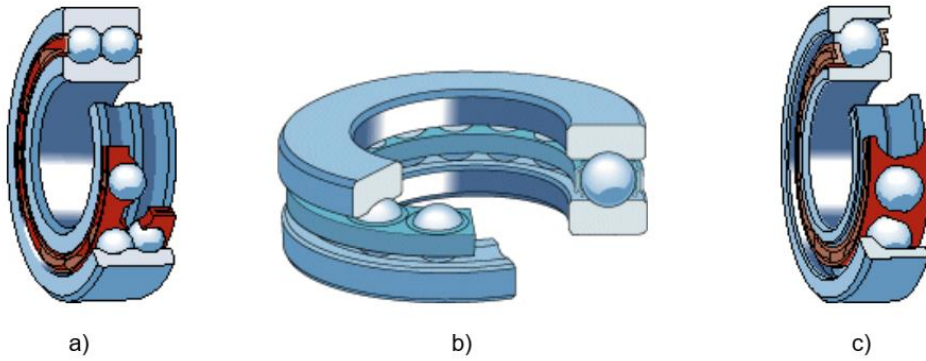
## 2) Rodamientos

Si se van a transmitir cargas entre superficies en movimiento relativo en una máquina, la acción se facilita más efectivamente si se interponen elementos rodantes entre los miembros en deslizamiento. De esta forma la resistencia de fricción que se opone al deslizamiento se reemplaza en gran medida por la resistencia mucho más pequeña que se asocia con el rodamiento.

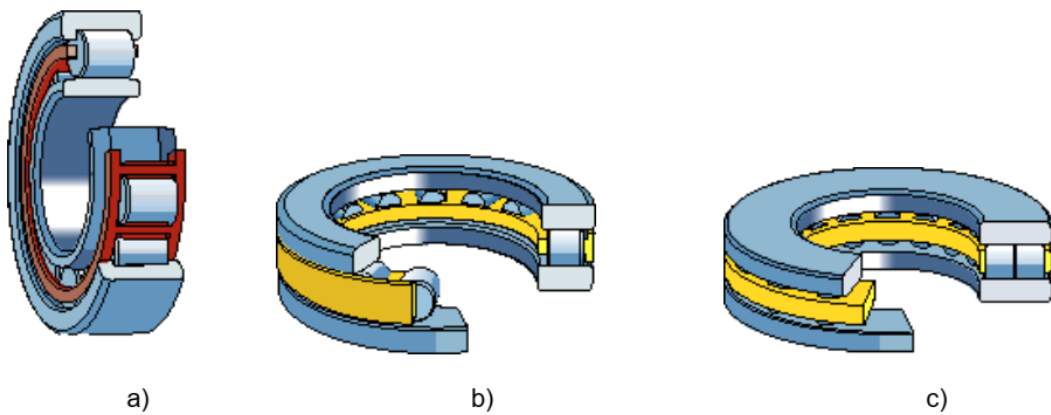
Vemos en la imagen las partes principales de un cojinete de rodamiento (de bolas)



Hay una gran diversidad de formas de rodamientos:

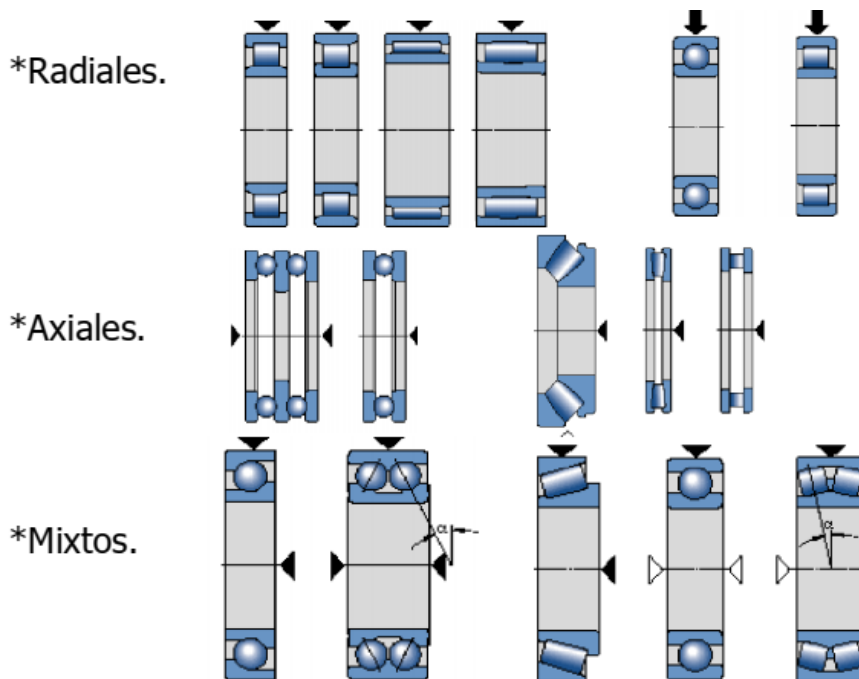


Rodamientos a bolas. a) radial de dos hileras, b) axial y c) de contacto angular



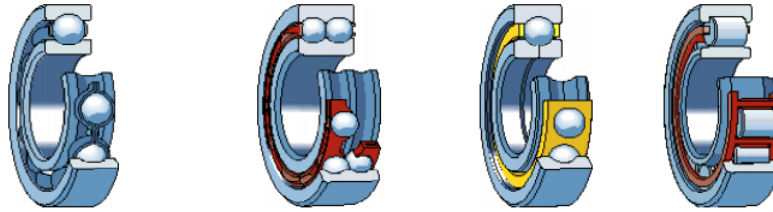
Rodamientos a rodillos cilíndricos. a) radial, b) axial y c) axial de dos hileras

CLASIFICACIÓN SEGÚN CARGA PRINCIPAL

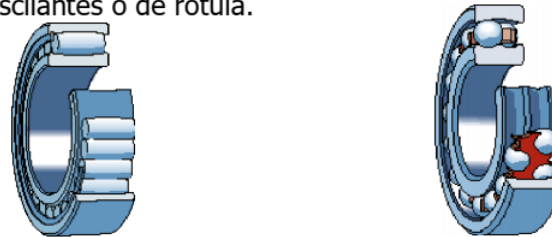


Los rodamientos pueden o no permitir oscilaciones entre el eje central y su pista exterior.

\*Rodamientos rígidos.



\*Rodamientos oscilantes o de rótula.



VENTAJAS DE LOS RODAMIENTOS.

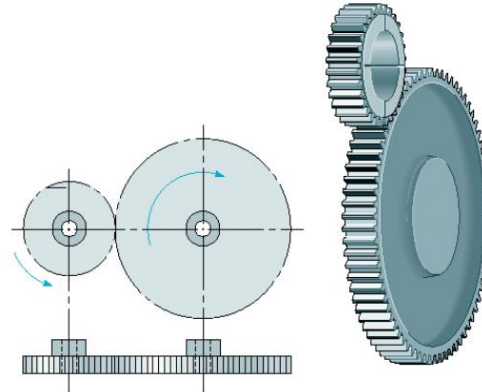
1. Rozamiento insignificante, sobre todo en el arranque.
2. Gran capacidad de carga.
3. Desgaste prácticamente nulo durante el funcionamiento.
4. Facilidad de recambio, dado que son elementos normalizados.
5. Precios discretos, dado que los lotes de fabricación son de cantidades importantes.

**Comparación entre tipos de rodamientos**

Tipo de rodamiento	Capacidad de carga radial	Capacidad de carga axial o de empuje	Capacidad de desalineación
Bola de hilera única	Buena	Aceptable	Aceptable
Bola de doble hilera	Excelente	Buena	Aceptable
Contacto angular	Buena	Excelente	Pobre
Rodamiento cilíndrico	Excelente	Pobre	Aceptable
Rodamiento de aguja	Excelente	Pobre	Pobre
Rodamiento esférico	Excelente	Aceptable/Buena	Excelente
Rodamiento cónico	Excelente	Excelente	Pobre

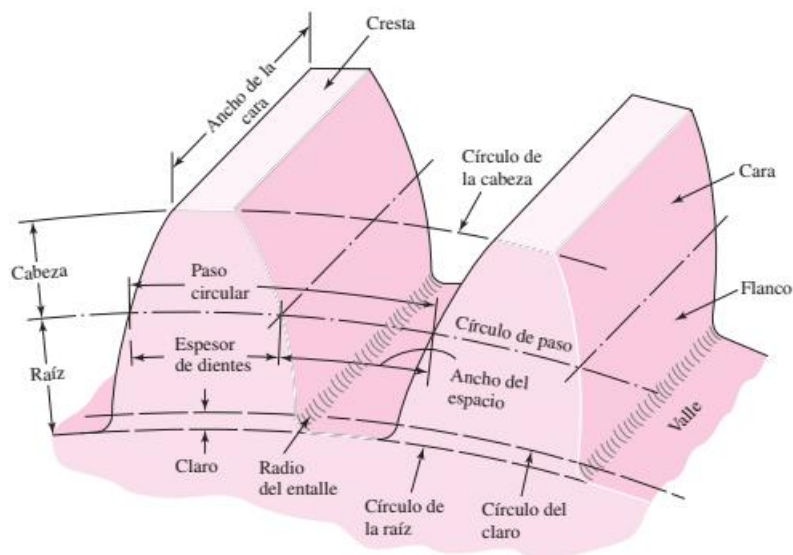
### 3) Ruedas dentadas - Engranajes

Un engranaje se puede considerar como una rueda dentada que cuando se acopla con otra rueda dentada de diámetro más pequeño (piñón), transmitirá rotación de un eje a otro. La función principal de un engrane es transferir potencia de un árbol a otro, manteniendo una razón definida entre las velocidades rotacionales de los ejes.



Los dientes de un engrane impulsor empujan los dientes del engrane impulsado, ejerciendo una componente de la fuerza perpendicular al radio del engrane. De este modo se transmite un par de torsión y como el engrane gira, se transmite potencia. Los engranes son los transmisores de par de torsión más fuertes y resistentes. Su eficiencia de transmisión de potencia puede ser tan alta como de 98%. Por otra parte, usualmente los engranajes son más costosos que otros transmisores de par de torsión, tales como los de transmisión por cadena y correa. Los engranajes están altamente estandarizados en cuanto a forma de los dientes y tamaño.

Las partes del diente para engranes rectos es la siguiente:



Tenemos las siguientes relaciones importantes:

$$1) \quad M = \frac{d}{N}$$

donde M= módulo [mm]

d=diámetro de paso [mm]

N=número de dientes

$$2) \quad p = \frac{\pi * d}{N}$$

donde p= paso circular [mm]

El **módulo M** será una característica principal de la rueda dentada. **2 ruedas deben tener el mismo módulo para que engranen correctamente.**

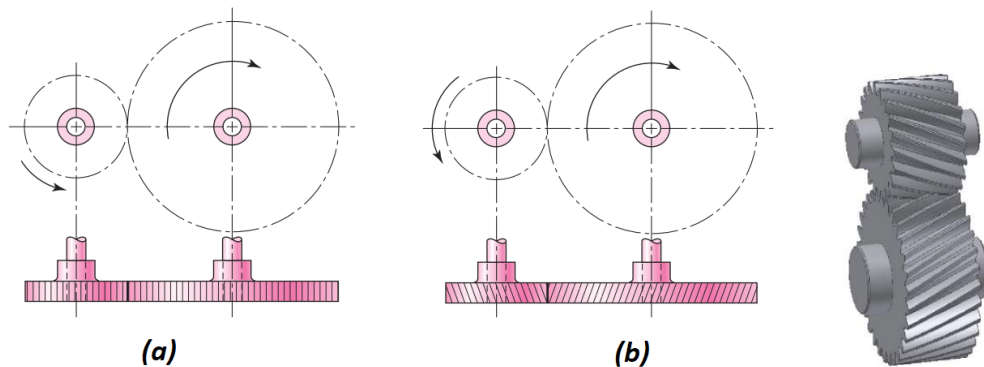
Recordemos el concepto de **relación de transmisión (i)** visto en clase:

$$i = \frac{\omega_{SALIDA}}{\omega_{ENTRADA}}$$

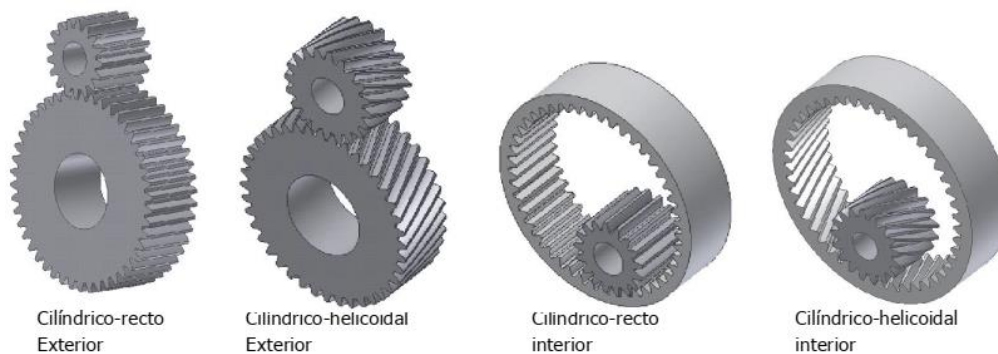
En el caso de engranajes podemos relacionar las velocidades de giro de ambas ruedas de la siguiente forma:

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

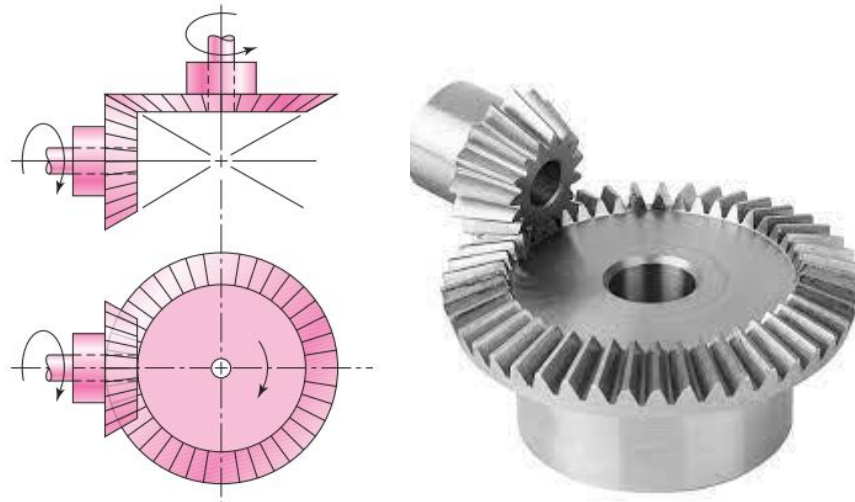
Los dientes de una rueda dentada pueden ser rectos (a) u helicoidales (b)



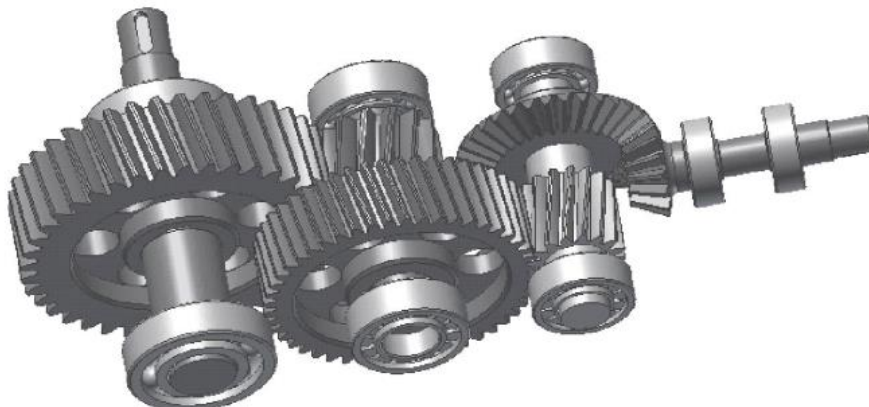
Vemos en la siguiente imagen distintos tipos de engranejes cilíndricos:



En el caso de ejes que se intersectan encontraremos engranajes cónicos:



Por último podemos ver que las ruedas dentadas se suelen presentar en las máquinas como **trenes de engranajes**, esto es una serie de engranajes, que pueden variar entre rectos y helicoidales, cilíndricos y cónicos. Esto es muy común cuando necesitemos mecanismos muy reductores (o muy multiplicadores) en un reducido volumen. En definitiva tendremos una velocidad de entrada y otra de salida.



La siguiente imagen nos muestra una caja de velocidades de un automóvil:

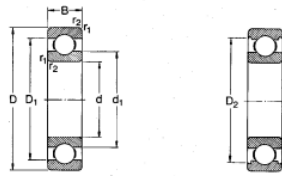




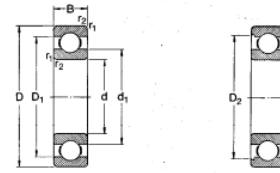
### 4) EJERCICIOS

- 1) Seleccione del siguiente catálogo un rodamiento de bolas capaz de soportar una carga estática de 900 kgf. Tenga presente que el árbol donde será montado tiene un diámetro (*d*) de 35mm. Indique el código del elemento y sus medidas. El mismo debe girar a 15000 rpm, indique tipo de lubricación sugerida.

Rodamientos rígidos de una hilera de bolas *d* 35–55 mm



Rodamientos rígidos de una hilera de bolas *d* 60–80 mm



Dimensiones principales		Capacidad de carga estát.		Carga límite de fatiga	Velocidad nominal	Masa		Designación	
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C<sub>0</sub></i>	Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	kg	-	
mm			N	N	r/min				
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	61907
	62	9	12 400	8 150	375	10 000	13 000	0,11	62007
	62	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	62077
	72	17	26 500	15 300	655	9 500	11 000	0,29	62077
	80	21	33 200	19 000	815	8 500	10 000	0,46	6307
100	25	55 500	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	6407	
40	52	7	4 940	3 450	186	11 000	14 000	0,034	61808
	62	12	13 600	9 300	425	10 000	13 000	0,12	61908
	68	9	13 300	9 150	440	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	11 600	490	9 500	12 000	0,19	62008
	80	19	30 700	19 000	800	8 500	10 000	0,27	62008
	90	23	41 000	24 000	1 020	7 500	9 000	0,63	6308
110	27	63 700	36 500	1 530	6 700	8 000	1,25	6408	
45	58	7	6 050	4 300	228	9 500	12 000	0,040	61809
	68	12	14 000	9 800	465	9 000	11 000	0,14	61909
	75	10	15 600	10 800	520	9 000	11 000	0,17	16009
	75	16	20 800	14 600	640	9 000	11 000	0,25	62009
	85	19	33 200	21 600	915	7 500	9 000	0,41	6209
	100	25	52 700	31 500	1 340	6 700	8 000	0,83	6309
120	29	76 100	45 000	1 900	6 000	7 000	1,55	6409	
50	65	7	6 240	4 750	250	9 000	11 000	0,052	61810
	72	12	14 600	10 400	500	8 500	10 000	0,14	61910
	80	10	16 300	11 400	560	8 500	10 000	0,18	16010
	80	16	21 600	16 000	710	8 500	10 000	0,26	6210
	90	20	35 100	23 200	980	7 000	8 500	0,46	6210
	110	27	61 800	38 000	1 600	6 300	7 500	1,05	6310
130	31	87 100	52 000	2 200	5 300	6 300	1,90	6410	
55	72	9	8 840	6 800	360	8 500	10 000	0,083	61811
	80	13	15 800	11 400	560	8 000	9 500	0,19	61911
	90	11	19 500	14 000	695	7 500	9 000	0,26	16011
	90	18	28 100	21 000	900	7 500	9 000	0,39	6211
	100	21	43 600	29 000	1 250	6 300	7 500	0,61	6211
	120	28	71 300	45 000	1 900	5 500	6 700	1,35	6311
140	33	99 500	62 000	2 600	5 000	6 000	2,30	6411	

Dimensiones principales		Capacidad de carga estát.		Carga límite de fatiga	Velocidad nominal	Masa		Designación	
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C<sub>0</sub></i>	Lubricación con grasa	Lubricación con aceite	kg	-	
mm				N	r/min				
60	78	10	8 710	6 700	365	7 500	9 000	0,11	61812
	85	13	16 500	12 000	600	7 500	9 000	0,20	61912
	95	11	19 900	15 000	735	6 700	8 000	0,28	16012
	95	18	29 800	23 200	980	6 700	8 000	0,42	6212
	110	22	52 700	36 000	1 530	6 000	7 000	0,78	6312
	130	31	81 800	52 000	2 200	5 000	6 000	1,70	6412
150	35	108 000	69 500	2 900	4 800	5 600	2,75	6412	
65	85	10	11 900	9 600	510	7 000	8 500	0,13	61813
	90	13	17 400	13 400	680	6 700	8 000	0,22	61913
	100	11	21 200	16 600	830	6 300	7 500	0,30	16013
	100	18	30 700	25 000	1 060	6 300	7 500	0,44	6213
	120	23	55 900	40 500	1 730	5 300	6 300	0,96	6313
	140	33	92 300	60 000	2 500	4 800	5 600	2,10	6413
160	37	119 000	78 000	3 150	4 500	5 300	3,30	6413	
70	90	10	12 100	10 000	540	6 700	8 000	0,14	61814
	100	18	23 800	18 300	900	6 300	7 500	0,35	61914
	110	13	28 100	25 000	1 060	6 000	7 000	0,43	16014
	110	20	37 700	31 000	1 320	6 000	7 000	0,60	6214
	125	24	60 500	45 000	1 900	5 000	6 000	1,05	6314
	150	35	104 000	68 000	2 750	4 500	5 300	2,50	6314
180	42	143 000	104 000	3 900	3 800	4 500	4,85	6414	
75	95	10	12 500	10 800	585	6 300	7 500	0,15	61815
	105	16	24 200	19 300	965	6 000	7 000	0,37	61915
	115	13	28 600	27 000	1 140	5 600	6 700	0,46	16015
	115	20	39 700	33 500	1 430	5 600	6 700	0,64	6215
	130	25	66 300	48 000	2 040	4 800	5 600	1,20	6315
	160	37	114 000	76 500	3 000	4 300	5 000	3,00	6415
190	45	153 000	114 000	4 150	3 800	4 300	6,50	6415	
80	100	10	12 700	11 200	610	6 000	7 000	0,15	61816
	110	16	25 100	20 400	1 000	5 800	6 700	0,40	61916
	125	14	33 200	31 500	1 320	5 300	6 300	0,60	16016
	125	22	47 500	40 900	1 660	5 300	6 300	0,85	6216
	140	26	70 200	55 000	2 200	4 500	5 300	1,40	6216
	170	39	124 000	86 500	3 250	3 800	4 500	3,80	6316
200	48	165 000	125 000	4 500	3 400	4 000	8,00	6416	

190

SKF 192

SKF

- 2) En el taller de la escuela tenemos diversas máquinas herramientas que utilizan cojinetes (de deslizamiento y de rodadura). Complete la siguiente tabla indicando, para cada maquina 3 ejemplos, qué tipos de rodamiento encuentra y mida las dimensiones del mismo (o estime si presenta difícil desarme):

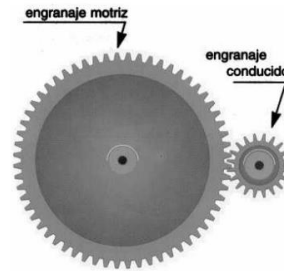
MH	COJINETE 1	COJINETE 2	COJINETE 3
TORNO PARALELO			
TALADRO DE BANCO			
FRESADORA			

- 3) Investigue qué tipos de rodamientos se encuentran en las motocicletas.





- a. ¿Posee algún rodamiento axial? ¿Qué se conoce como “crapodina”? ¿En qué parte se ubica?
  - b. ¿Qué tipos de rodamientos encontramos en las ruedas?
- 4) Supongamos que el engranaje conducido tiene 20 dientes y el engranaje motriz 60 dientes. Si el engranaje motriz gira a 1200 rpm, averiguar:
- a. ¿A qué velocidad expresada en rpm gira el engranaje conducido?
  - b. ¿Cuántas vueltas tiene que dar el engranaje motriz para que el engranaje conducido gire 12 vueltas?
  - c. ¿Cuántos dientes debería tener el engranaje conducido para que cuando el engranaje motriz girara 1 vuelta, el conducido girara 5 vueltas?



- 5) Un motor que gira a 3000 rpm tiene montado en su eje un piñón de 20 dientes y está acoplado a otro engranaje de 45 dientes. Calcular
- a. la velocidad del eje de salida, es decir
  - b. la relación de transmisión entre las velocidades de ambas ruedas
  - c. ¿es reductor o multiplicador?
- 6) Un sistema de engranajes compuesto por dos pares de ellos se emplea para variar la velocidad de un motor que gira a 885 rpm. El tamaño de las ruedas dentadas es 89, 5, 61 y 3 dientes respectivamente. Calcula la relación de velocidad total del sistema ( $V_4 / V_1$ )



A diario utilizamos tornillos, remaches, uniones por soldadura para vincular de manera permanente o semi-permanente elementos. Éstos tendrán sus características y propiedades. En la próxima secuencia didáctica veremos **fijaciones...**