FACULTAD DE INGENIERÍA

COJINETES

ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Ing. Carlos Barrera-2026

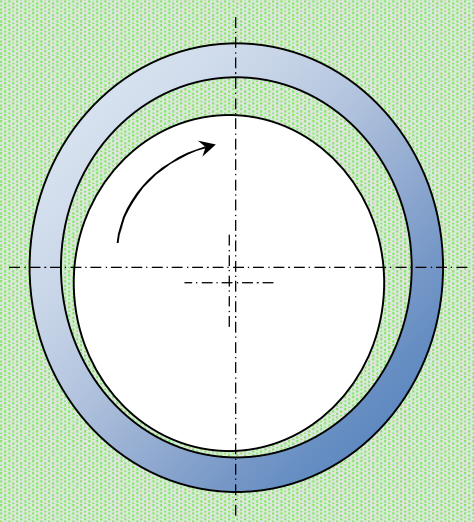
UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

UNIONES DESLIZANTES

Los cojinetes son elementos de máquinas diseñados con el objetivo de reducir las pérdidas por fricción entre superficies de contacto con movimiento relativo.

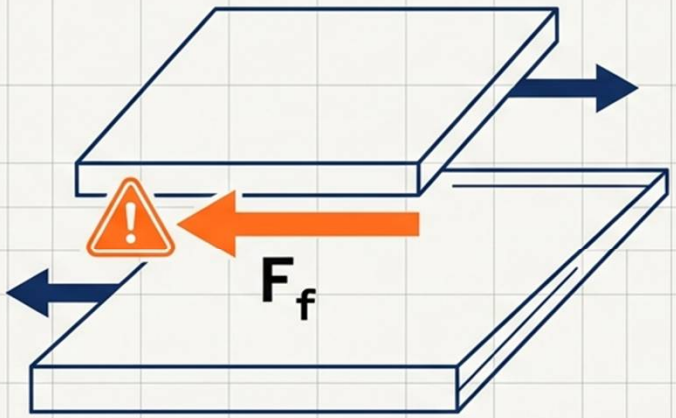




COJINETE DE CONTACTO **DESLIZANTE** (o simplemente COJINETE)	COJINETE DE CONTACTO RODANTE (o simplemente RODAMIENTO)

13:30

Definición Clave:
Elementos de máquinas diseñados para reducir las pérdidas por fricción entre superficies de contacto con movimiento relativo.



Objetivos de Diseño

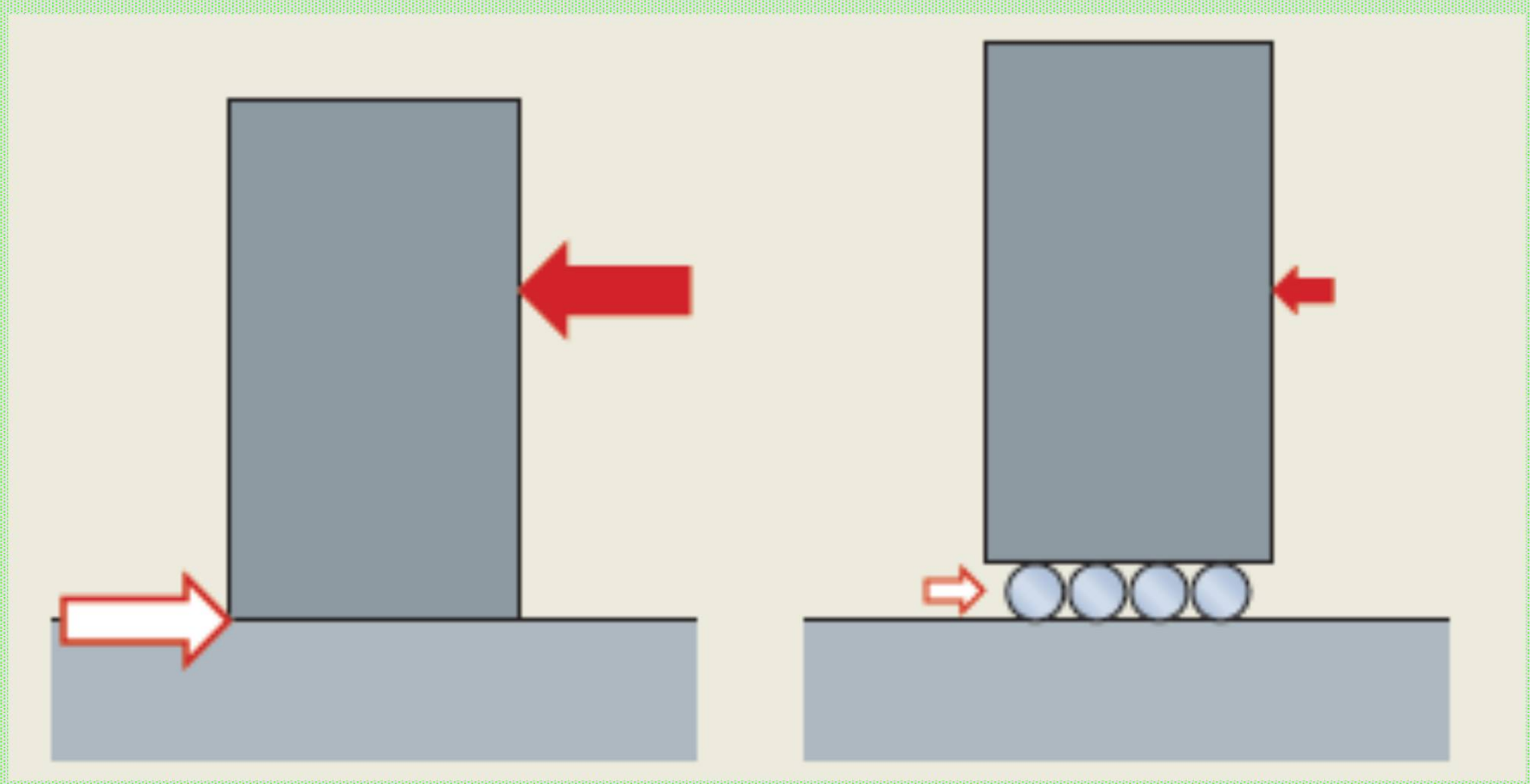
- Identificar tipologías y aplicaciones.
- Calcular la relación de carga y expectativa de duración (Vida Útil).
- Especificar rodamientos según magnitud y dirección de carga.
- Definir condiciones prácticas operativas (montaje, lubricación).

Gemini Notebook

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

Ing. Carlos Barrera

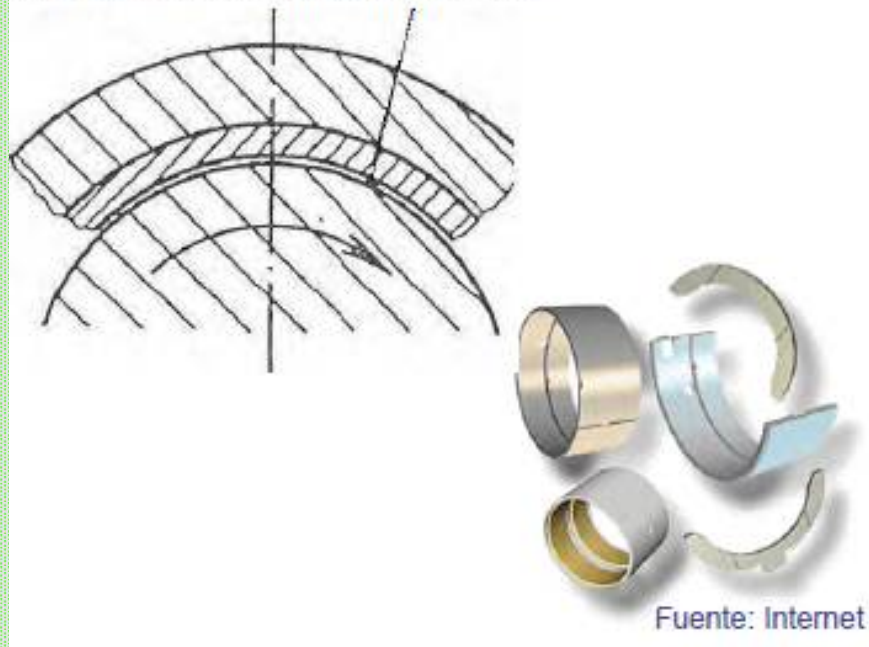
OBJETIVOS

- Identificar los distintos tipos de cojinetes.
- Determinar la relación entre las cargas sobre los rodamientos y la expectativa de duración.
- Especificar los rodamientos adecuados para determinada aplicación.
- Recomendar los valores adecuados de duración de diseño para los rodamientos.
- Calcular la carga equivalente.
- Especificar ciertas condiciones prácticas como el montaje, lubricación, etc.
- Identificar las partes que componen un rodamiento.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

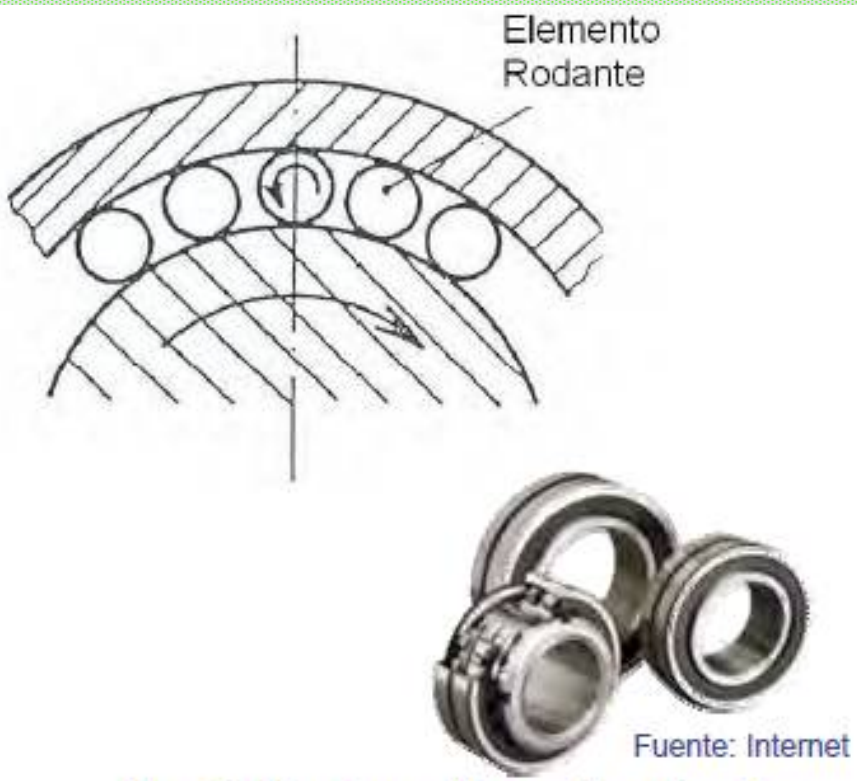
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



I - Cojinetes de fricción (Cojinetes)

Deslizamiento de las superficies del muñón del árbol y del cojinete separadas por una capa de lubricante.



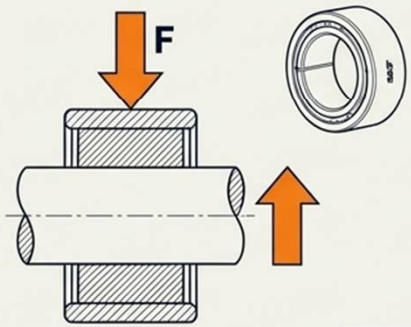
II - Cojinetes de rodamiento (Rodamientos)

Rodadura entre cuerpos rodantes y pistas.

13:30

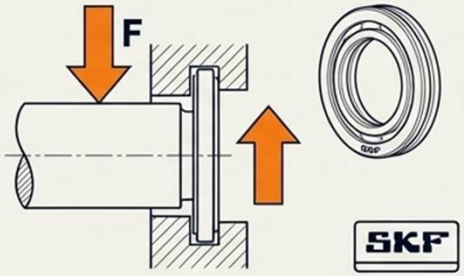
Cojinetes de Fricción: Aplicación de Cargas

Carga Radial

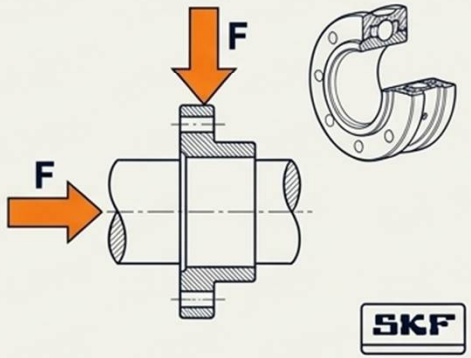


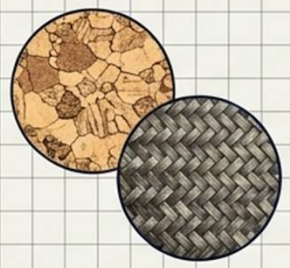
Concepto: Superficies de deslizamiento separadas por una capa de lubricante.

Carga Axial



Carga Combinada (radial y axial)

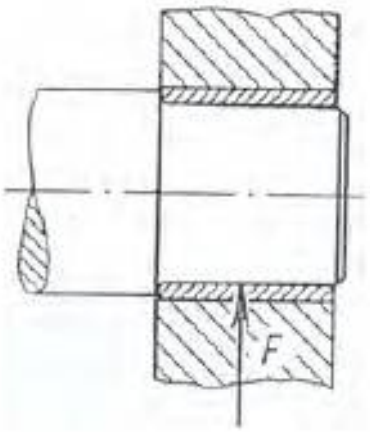




>_ **Límites de Materiales Seleccionados**

Material	Carga Máx	Temp Máx	P.V Máximo
Bronce fundido	31 MPa	163°C	1.5E+05
Teflón en tejido	414 MPa	260°C	7.3E+04
Carbono-grafito	4 MPa	399°C	4.4E+04

Gemini Notebook

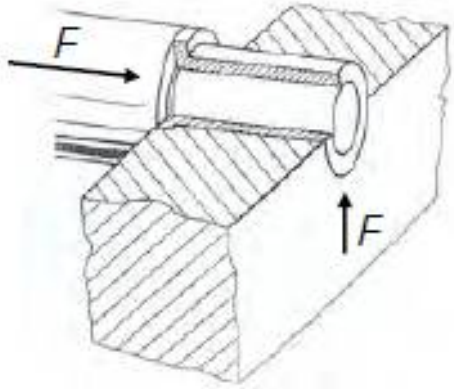


Carga radial

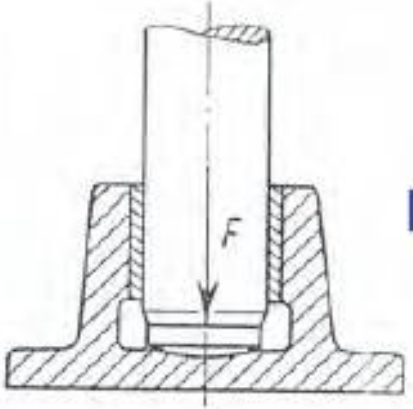


Fuente: SKF

Cojinete radial



Carga combinada (radial y axial)



Carga axial



Fuente: SKF

Cojinete axial



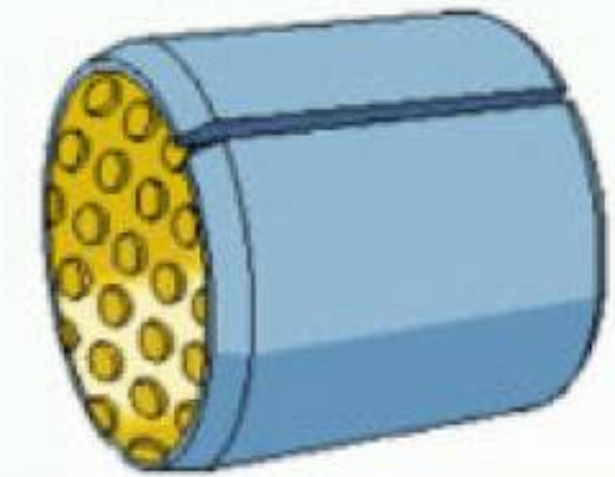
Fuente: SKF

Cojinete de doble efecto

Valores orientativos para algunos materiales de cojinetes de fricción

	Carga máxima (MPa)	Temp Máx (°C)	Velocidad máx (m/s)	P.V máx (N/m.s)
Bronce fundido	31	163	0.6	1.5E+05
Bronce poroso	31	66	0.6	1.5E+05
Hierro poroso	55	66	0.3	1.5E+05
Fen6licos	41	93	1.1	4.4E+04
Ni16n (nylon)	7	93	0.4	8.8E+03
Teflón	3	260	0.0	2.9E+03
Teflón reforzado	17	260	0.4	2.9E+04
Teflón en tejido	414	260	0.0	7.3E+04
Delrin	7	82	0.4	8.8E+03
Carbono-grafito	4	399	1.1	4.4E+04

Composite POM



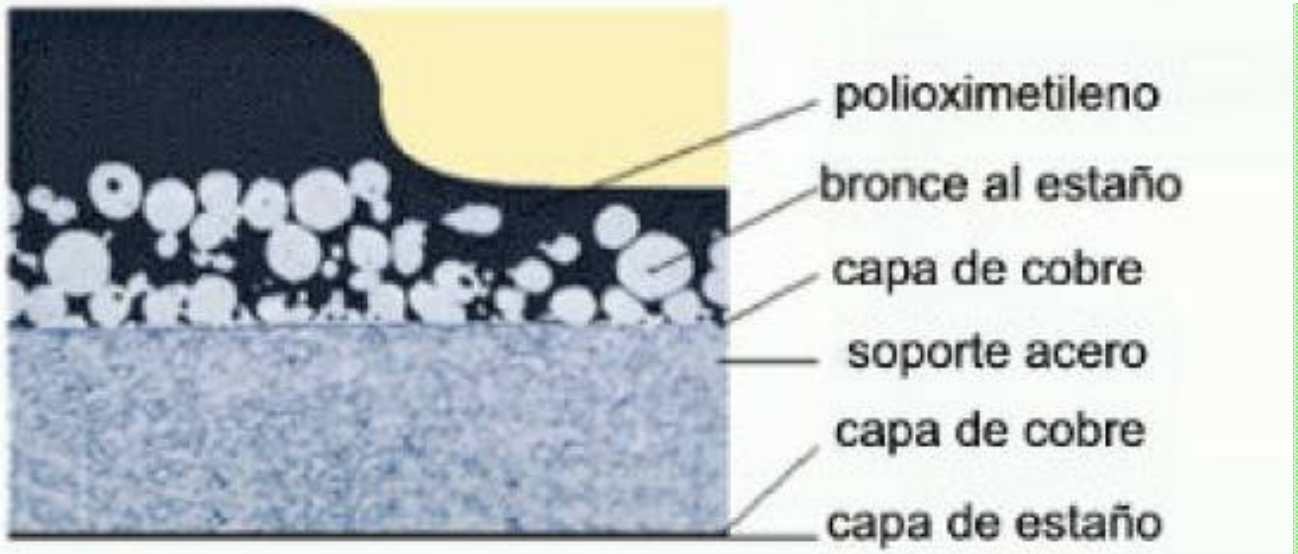


Figura 3.2 Cojinete de fricción de Composite POM (polieximetileno)

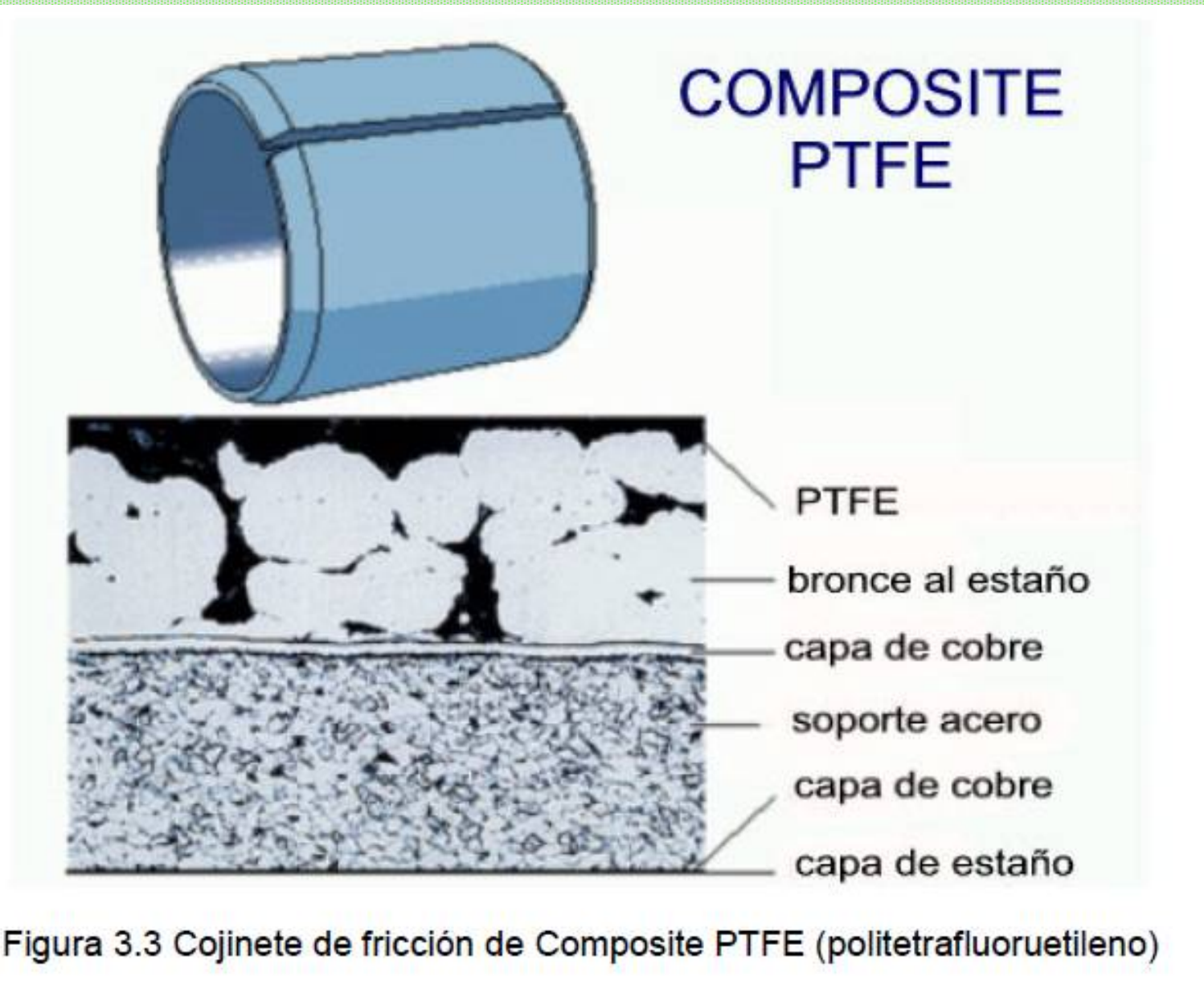
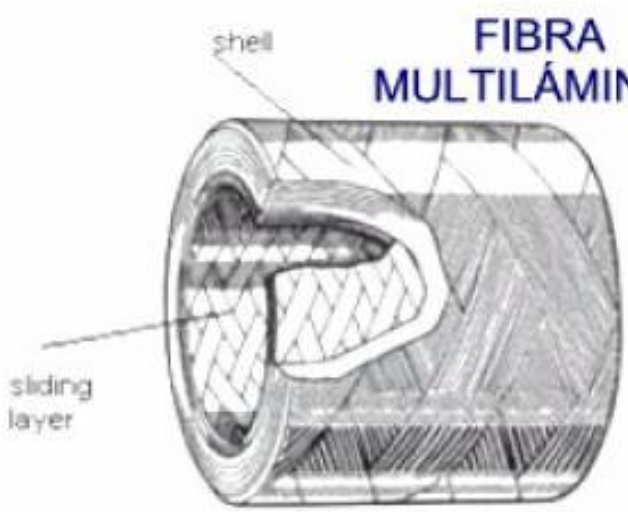


Figura 3.3 Cojinete de fricción de Composite PTFE (politetrafluoruetileno)

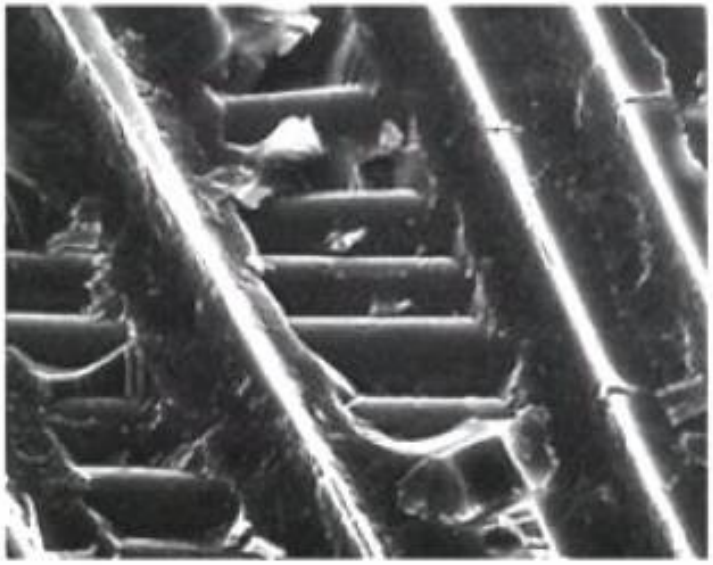
UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



FIBRA MULTILÁMINAS



Section through sliding layer

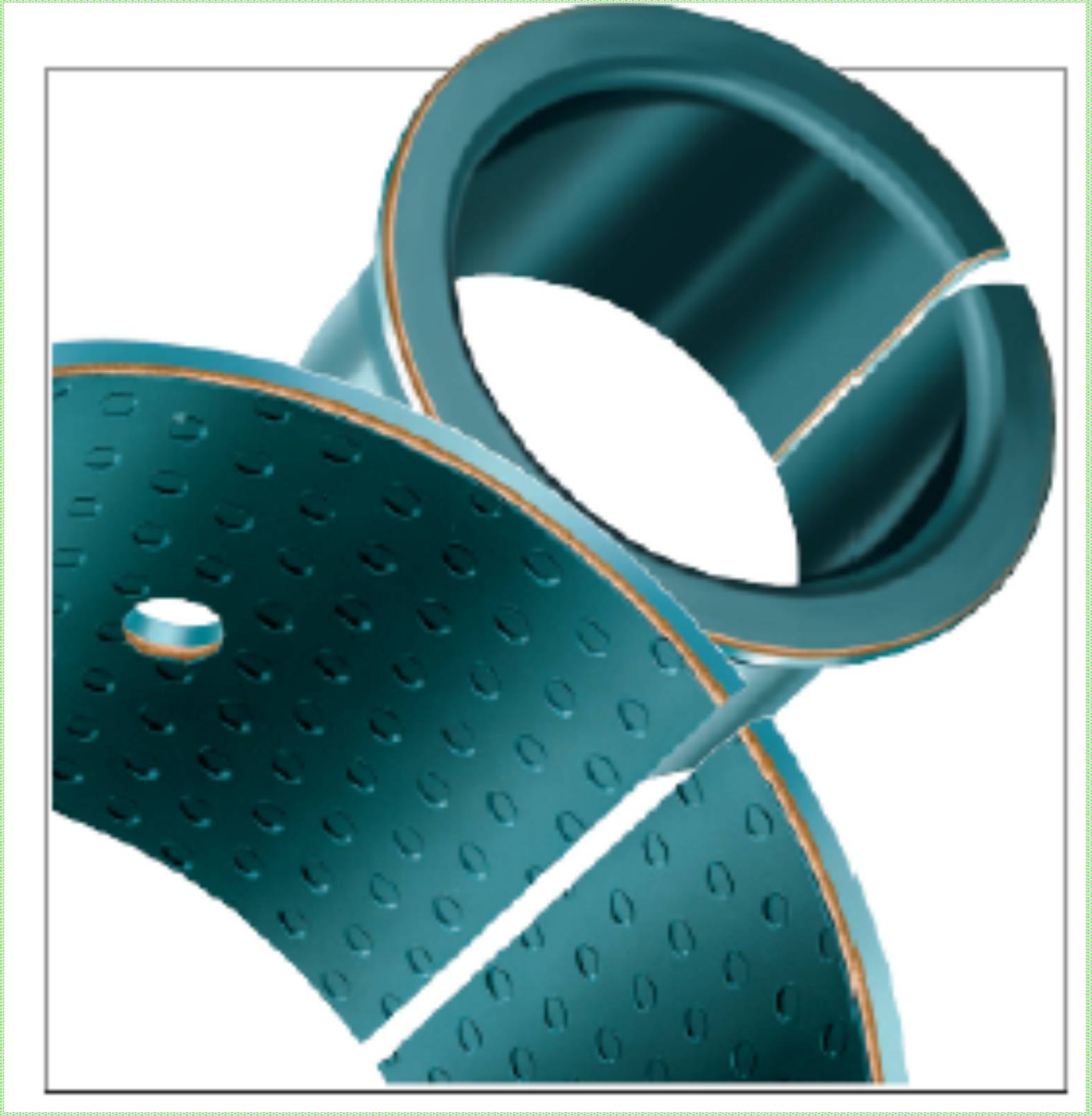
Figura 3.4 Cojinete de fricción de fibras multiláminas

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

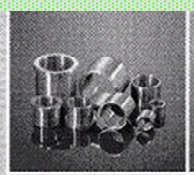
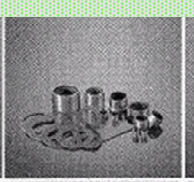
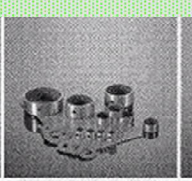
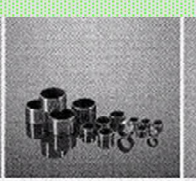
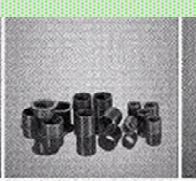
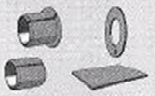
UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

13:30

Ing. Carlos Barrera

SKF								
	Bronce Macizo El polivalente	**Bronce Sinterizado** El veloz	**Bronce Laminado** El todo terreno	**Composite PTFE** El corredor de fondo	**Composite POM** El escalador	**Composite con Soporte Inoxidable** El brillante	**Poliamida PTFE** El trotador	**Fibra Multiláminas** El incansable
Rango de temperaturas, °C	–40 .. +150	–10 .. +100	–40 .. +150	–200 .. +250	–40 .. +110	–150 .. +150	–30 .. +110	–50 .. +140
Coeficiente de fricción μ	0,08 .. 0,15	0,05 .. 0,10	0,08 .. 0,15	0,03 .. 0,08	0,04 .. 0,12	0,03 .. 0,08	0,06 .. 0,15	0,03 .. 0,08
Cargas específica admis., N/mm^2								
– dinámica	50	10	40	80	120	80	40	140
– estática	140	50	120	250	250	300	80	200
Velocidad de desliz. admis., m/s	0,5	0,25 .. 10	1,0	2,0	2,0	1,5	1,0	0,5
Tolerancia del eje	e7 – e8	f7 – f8	e7 – f8	f6 – h7	h7 – h8	g6 – f7	h8 – h9	h7 – h8
Tolerancia del alojamiento	H7	H7	H7	H7	H7	H7	H7	H7
Rugosidad del eje R_a, μm	0,8 .. 1,6	0,2 .. 0,8	0,4 .. 0,8	0 .. 0,4	0 .. 0,8	0 .. 0,4	0 .. 0,8	0 .. 0,8
Dureza del eje, HB	180 – 400	200 – 300	150 – 400	300 – 600	150 – 600	300 – 600	100 – 300	200 – 600
Gama								
Designación de las series	PBM PBMF	PSM PSMF	PRM PRMF	PCMF .. B PCMW .. B PCM .. B PCMS .. B	PCM .. M PCMW .. M PCMS .. M	PI	PPM PPMF	PWM

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

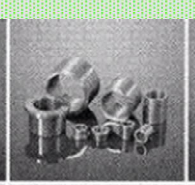
FACULTAD DE INGENIERÍA

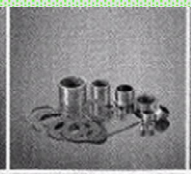
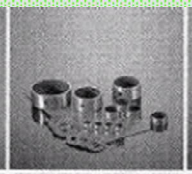
Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

13:30

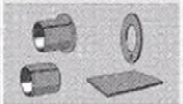
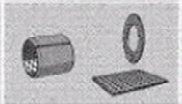
Ing. Carlos Barrera

SKF




	Bronce Macizo El polivalente	Bronce Sinterizado El veloz	Bronce Laminado El todo terreno	Composite PTFE El corredor de fondo	Composite POM El escalador	Composite con soporte inoxidable El brillante	Poliamida PTFE El trotador	Fibra Multiláminas El incansable
Autolubricante	–	+	–	++	+	++	++	++
Sin mantenimiento	–	+	0	++	+	++	++	++
Alta contaminación	+	0	++	–	0	–	–	+
Resistente a la corrosión	+	0	+	0	0	++	++	++
Alta temperatura	+	–	+	++	0	+	0	+
Cargas altas	0	–	0	+	++	+	0	++
Resistente a impactos/vibraciones	+	0	+	0	0	0	–	++
Alta velocidad de deslizamiento	–	++	0	+	+	+	0	–
Bajo rozamiento	–	+	–	++	++	++	0	++
Alta rugosidad del eje	+	–	0	–	0	–	0	0
Juego pequeño	–	0	0	++	+	+	0	–
Insensible a la desalineación	+	0	0	–	0	–	0	+
Bajo precio	0	+	+	++	++	–	++	–
Gama								
Designación de las series	PBM PBMF	PSM PSMF	PRM PRMF	PCMF .. B PCMW .. B PCM .. B PCMS .. B	PCM .. M PCMW .. M PCMS .. M	PI	PPM PPMF	PWM

Ventajas de los cojinetes de fricción

- Los cojinetes de fricción suelen ser más ligeros que los rodamientos ya que no poseen tantos componentes.
- Necesitan menos superficie radial ya que están construidos en paredes finas, a diferencia de los rodamientos que constan de dos anillos y elementos rodantes.
- Son más silenciosos.
- Su montaje no precisa elementos especiales como por ejemplo una prensa o un extractor.





Desventajas de los cojinetes de fricción

- Admiten menos velocidad que los rodamientos.
- En el arranque tienen un rozamiento muy elevado comparado con los rodamientos.
- Mayor consumo de lubricante que un rodamiento.
- Mayor temperatura de funcionamiento frente a un rodamiento. (Para que el lubricante sea fluido).
- Menor capacidad de carga que un rodamiento.
- Mayor tamaño a igualdad de carga.





Cojinete en mal estado por suciedad.



Cojinete desgastado por falta de lubricación.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



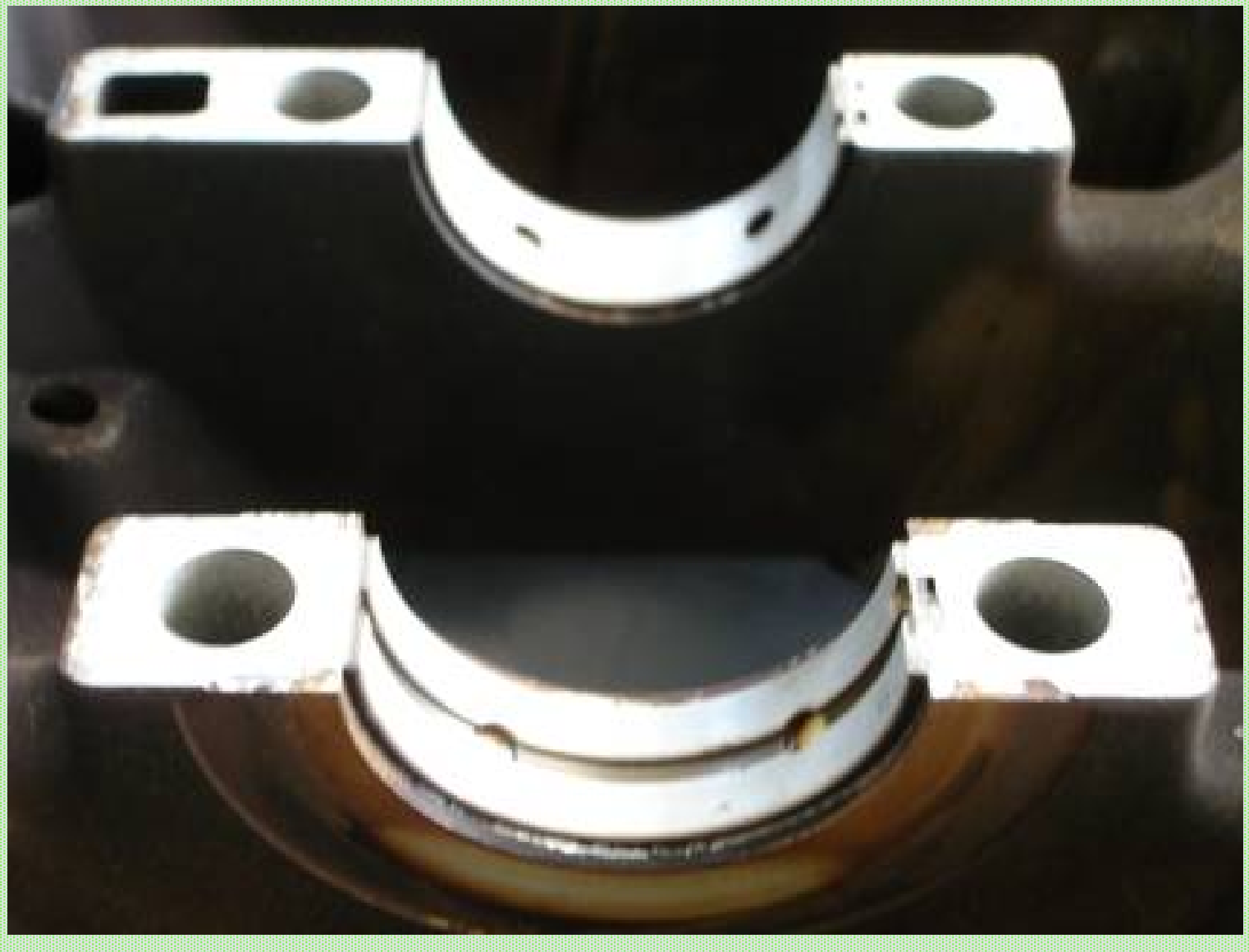


13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

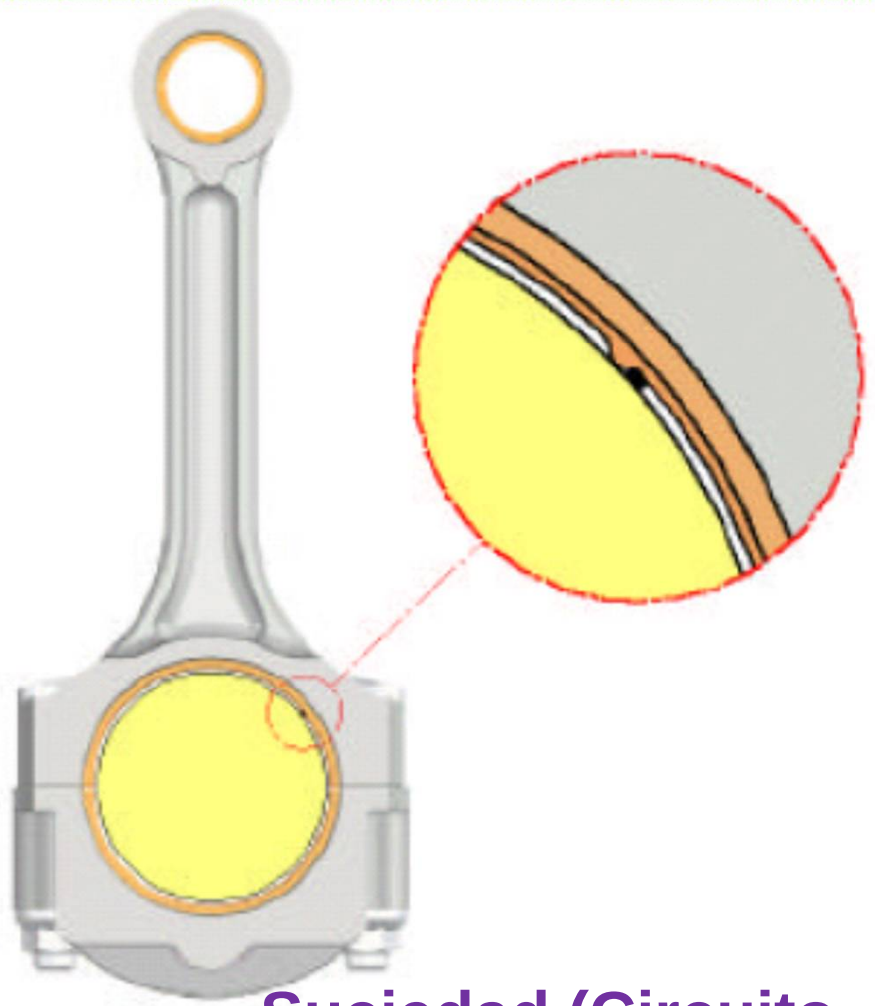
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30





Suciedad (Circuito de lubricación)

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

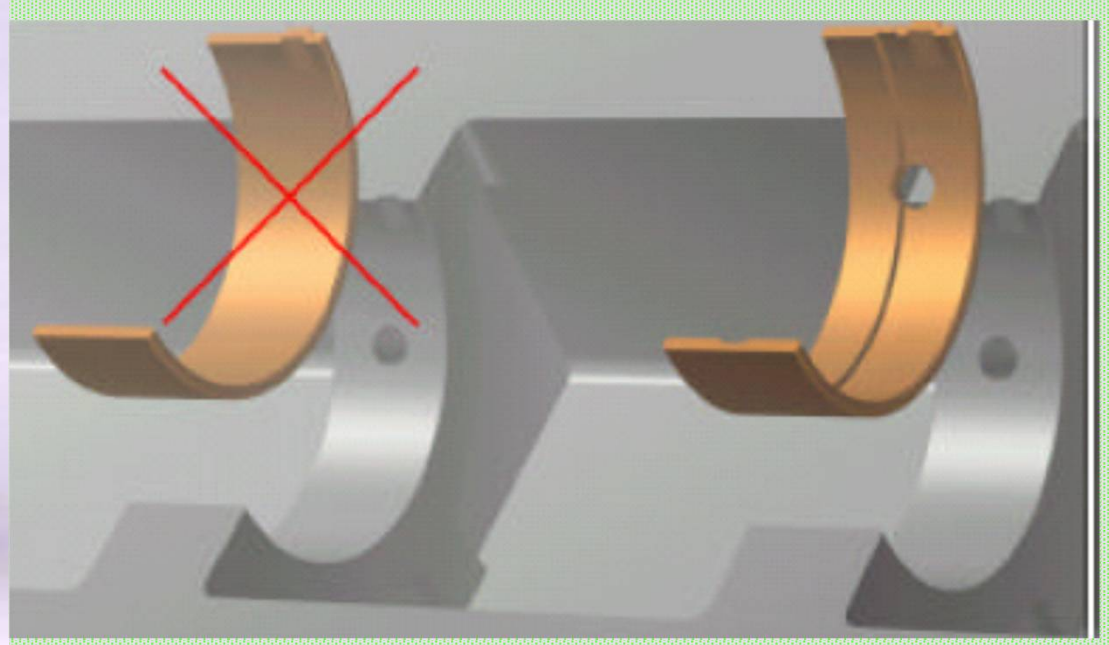
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Falta de lubricación



Errores de montaje



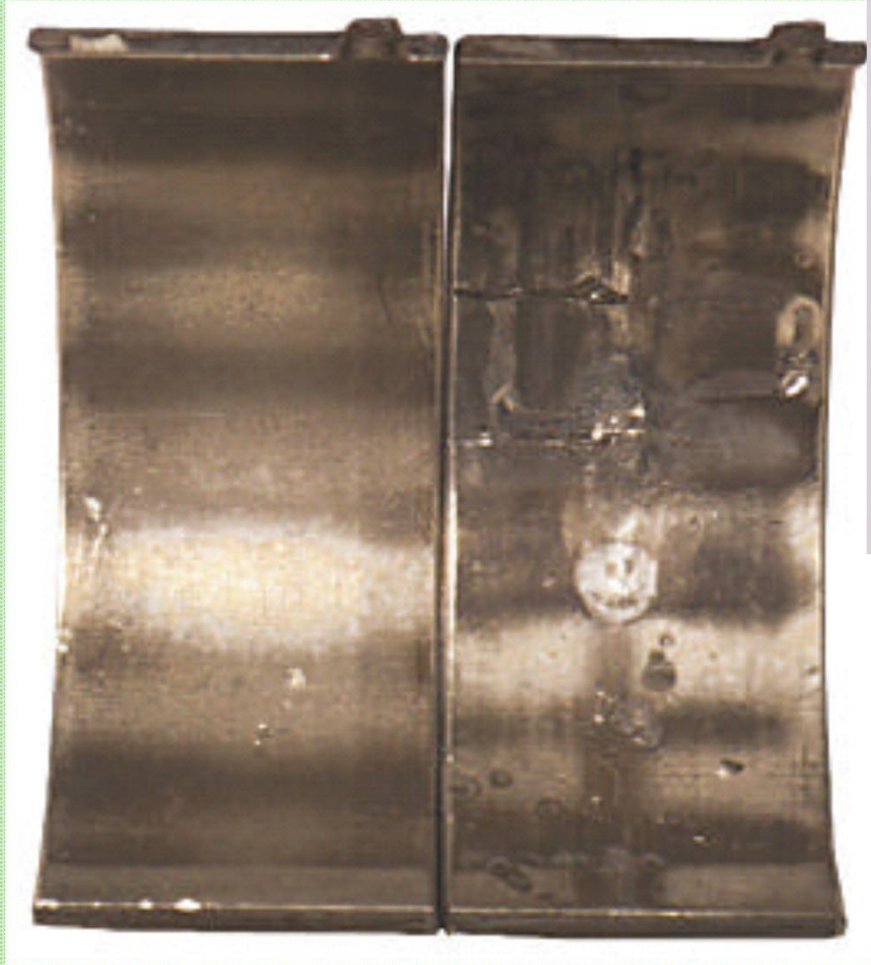
13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

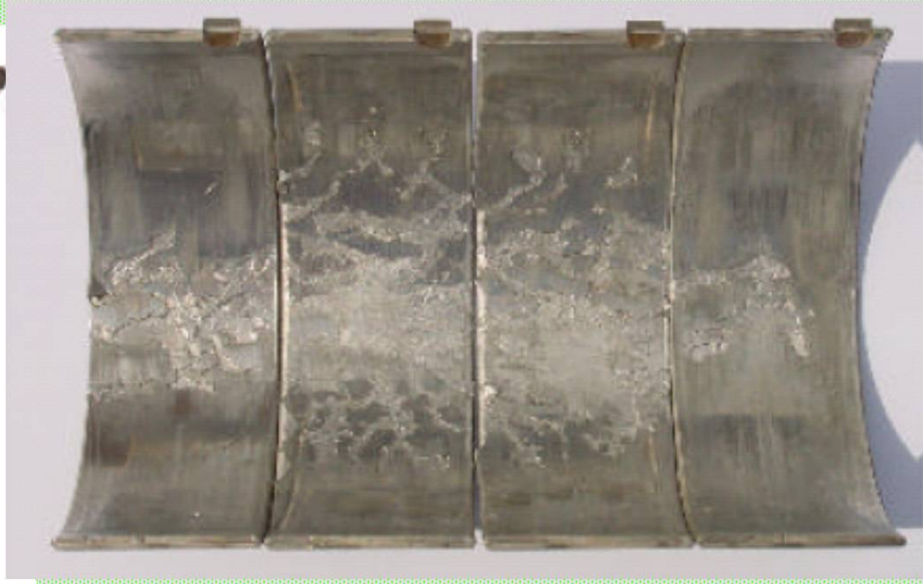
FACULTAD DE INGENIERÍA

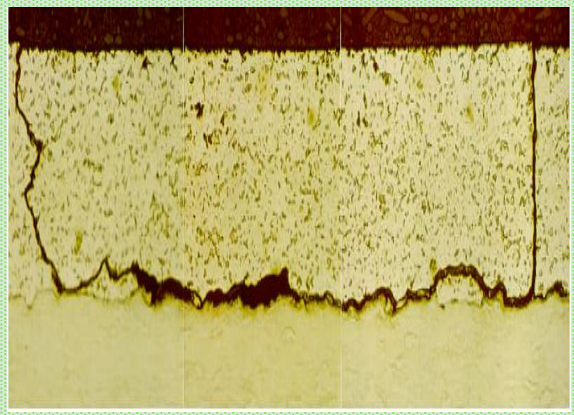
Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Errores de mecanizado



Sobrecarga





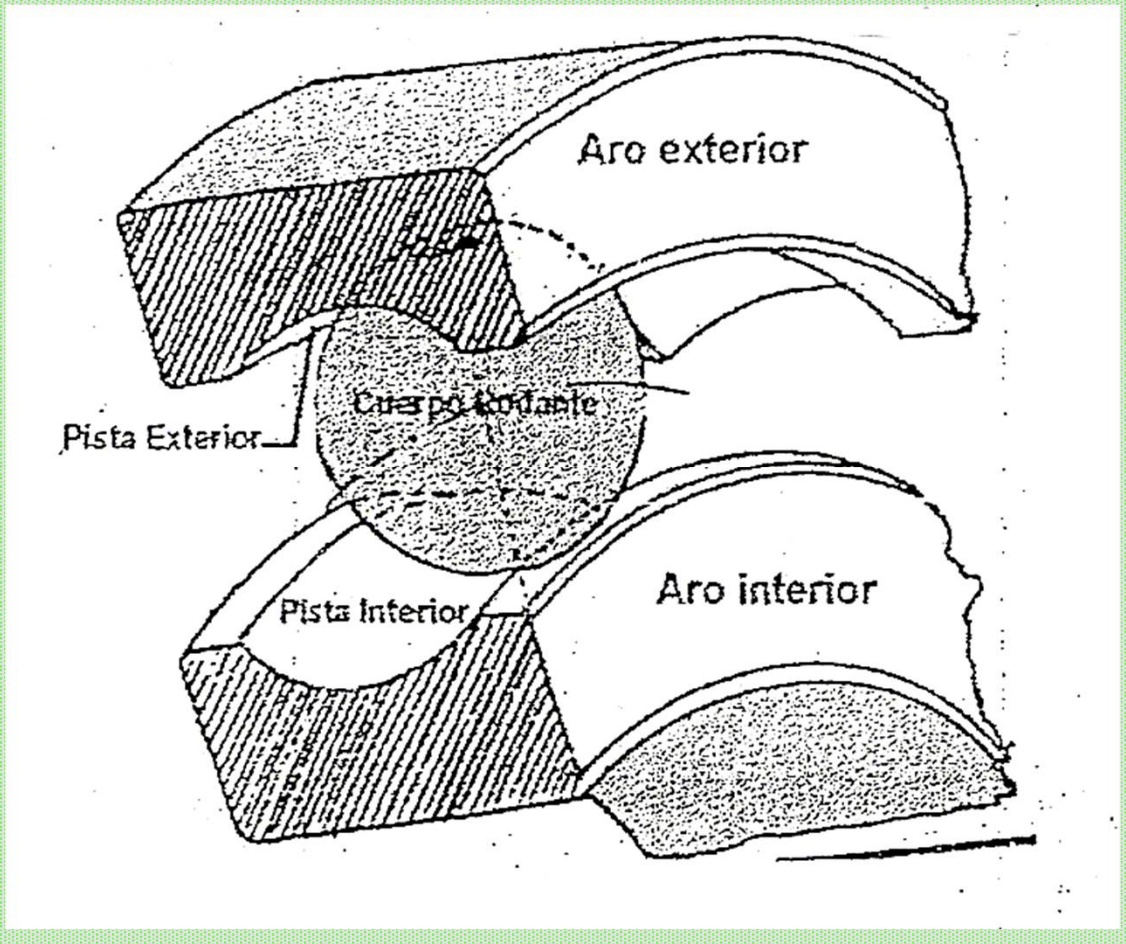
13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Son elementos de máquinas destinados a absorber cargas de dirección radial y/o axial que le transmiten los árboles u otros elementos apoyados sobre ellos.



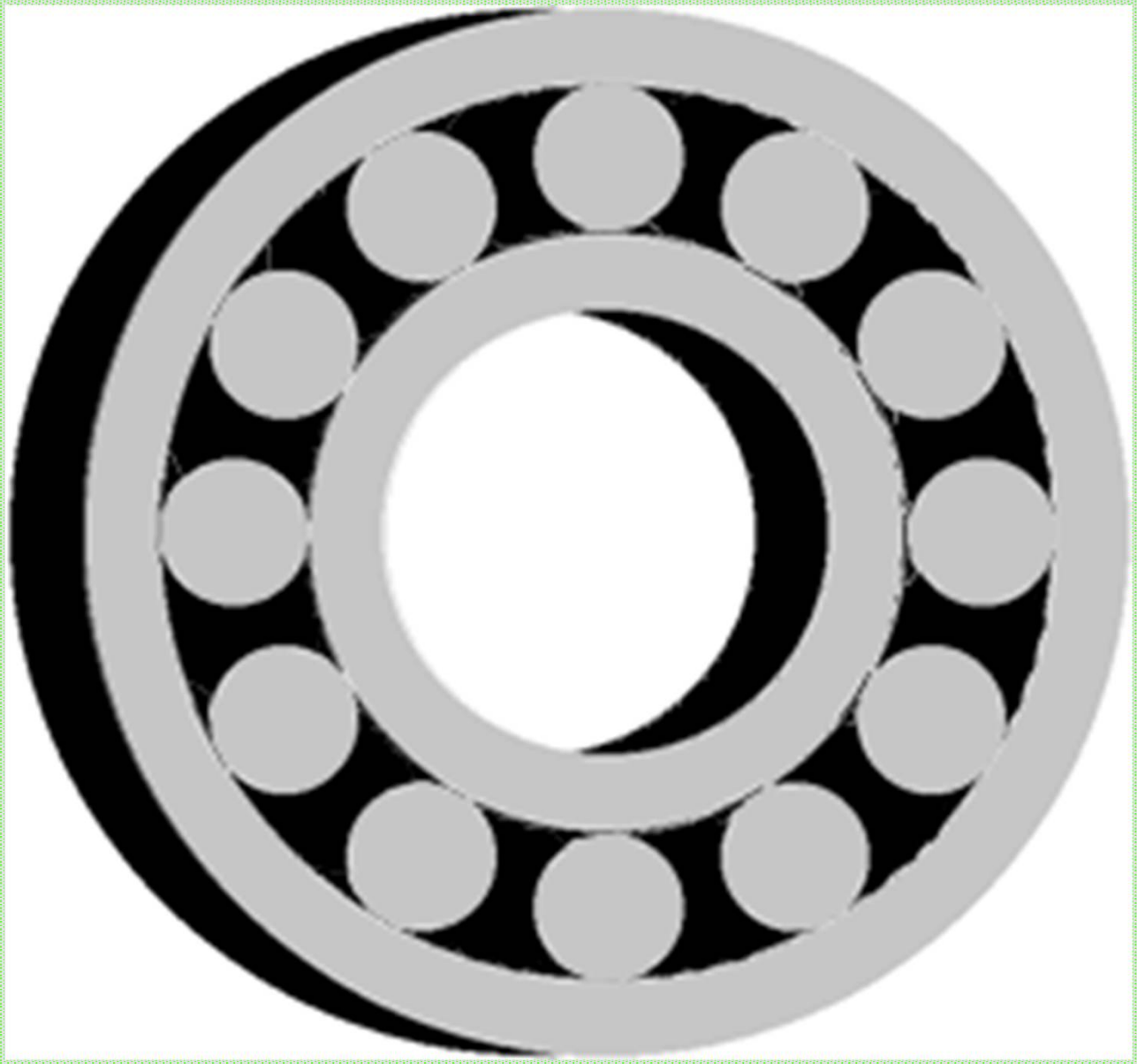
Rodamiento Animacion 2mp4.wmv

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



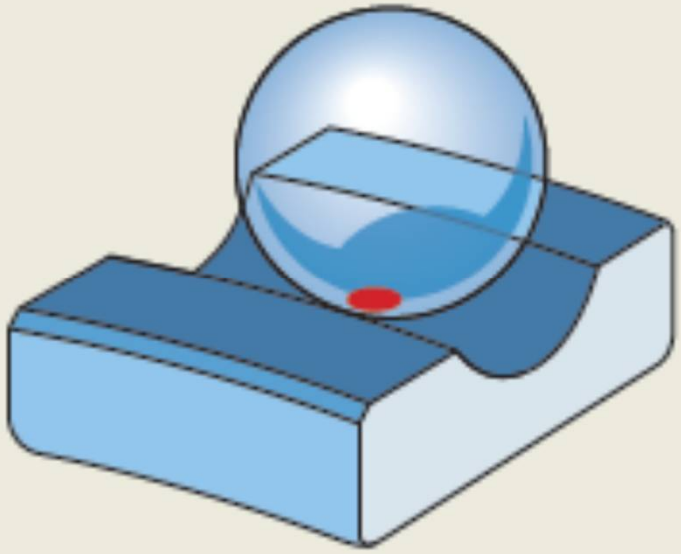
13:30

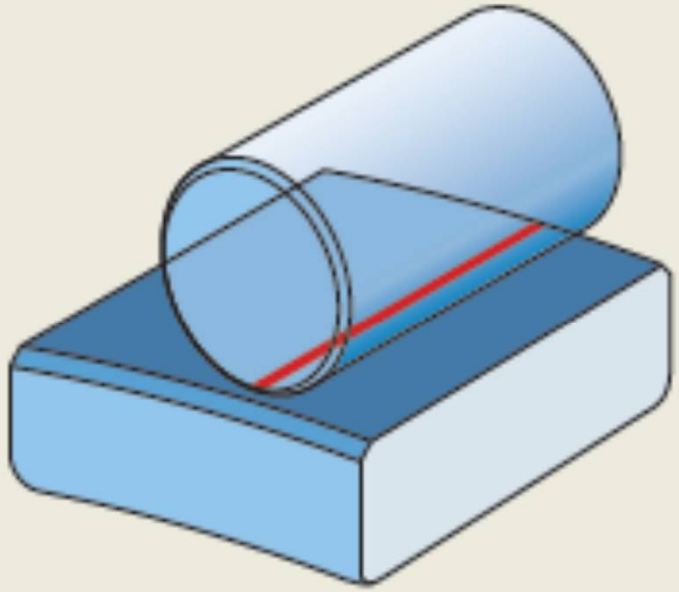
Ing. Carlos Barrera

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



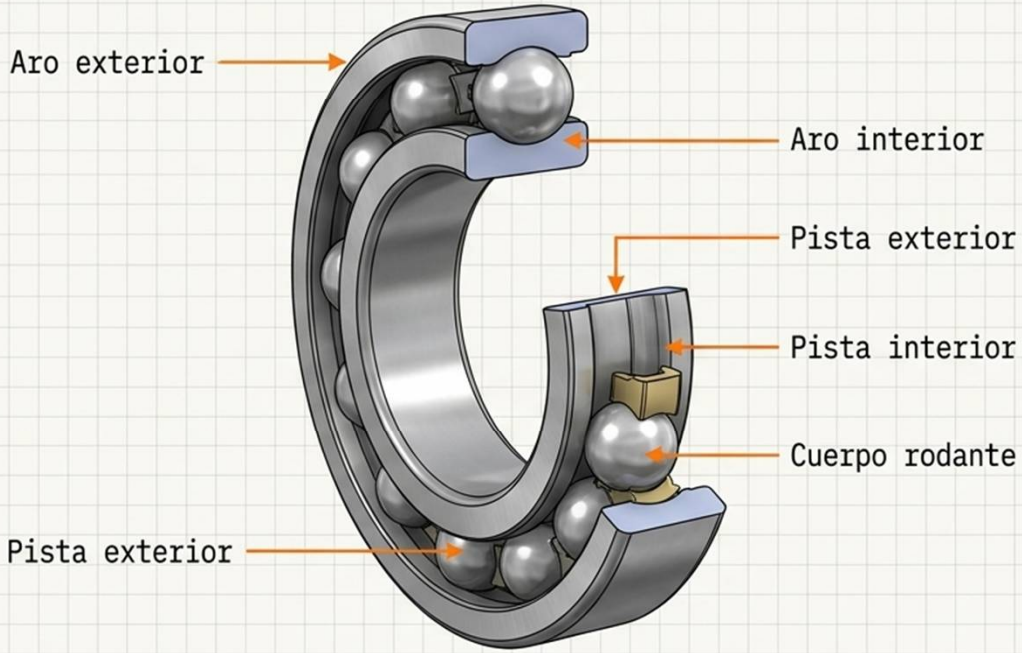


13:30

Ing. Carlos Barrera

Anatomía del Rodamiento (Contacto Rodante)

Misión: Absorber cargas radiales y/o axiales transmitidas por los árboles de transmisión.



Elementos Accesorios

Jaulas

Mantienen la separación geométrica de los cuerpos rodantes.



Placas / Blindajes

Protegen contra penetración de cuerpos extraños y retienen la grasa.

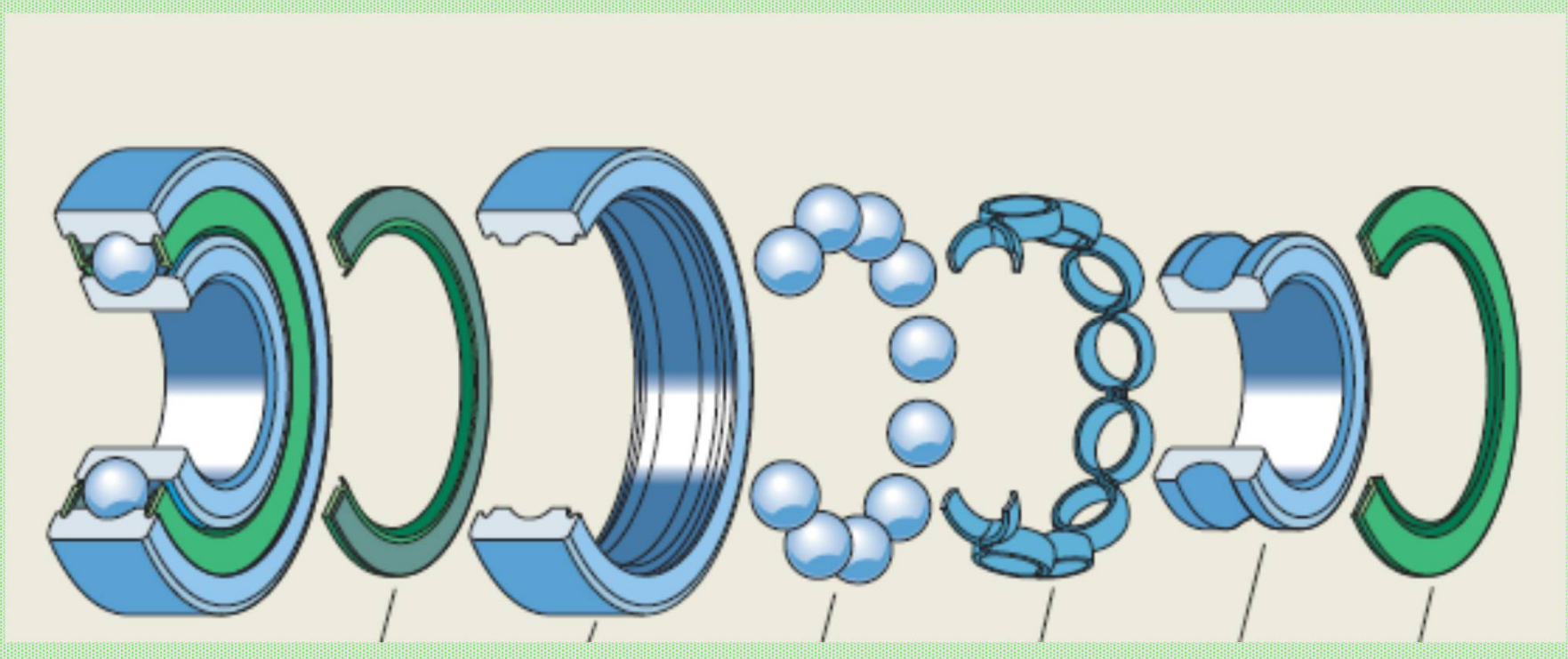
ADVERTENCIA: No retirar blindajes. Las cantidades de grasa contenida son exactas. No mezclar grasas de distinta composición química.

Gemini Notebook

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

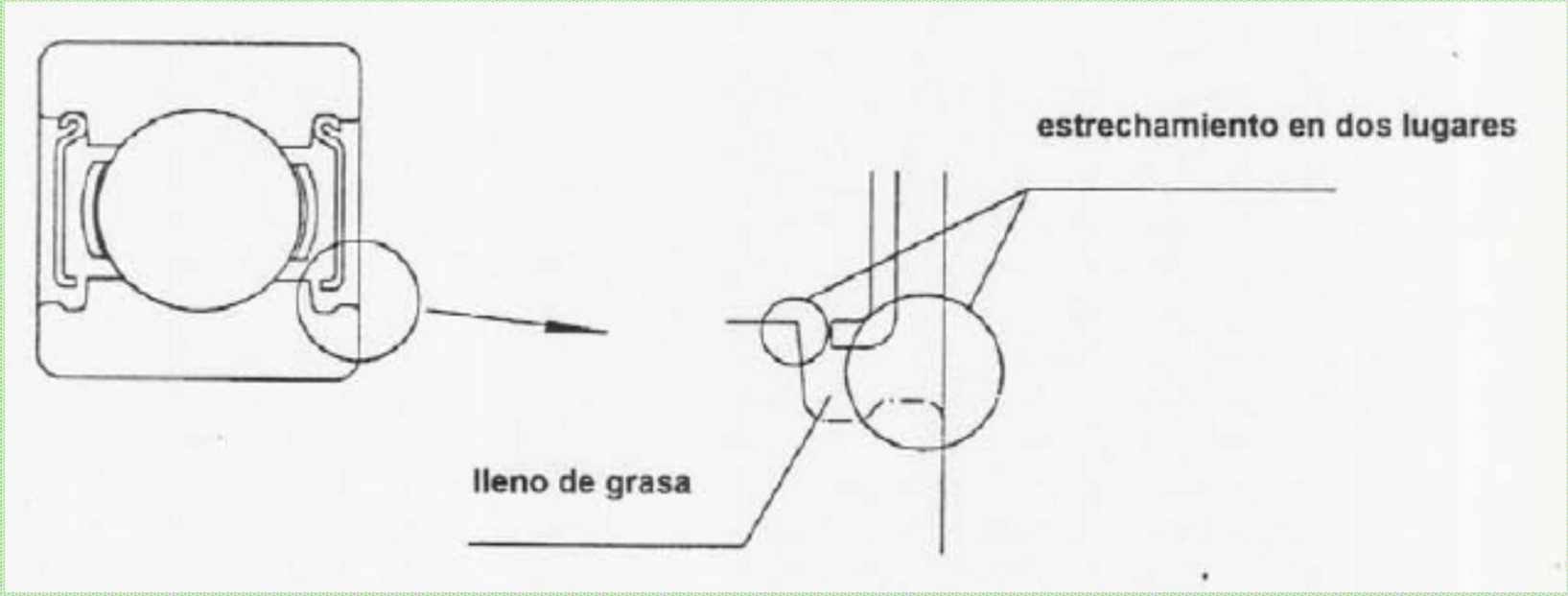
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

Ing. Carlos Barrera



Las placas son láminas de acero común, por lo tanto, no pueden recibir esfuerzos. Protegen a los rodamientos contra la penetración de cuerpos extraños y el escape de grasa.

Se recomienda no retirar los blindajes. Las cantidades de grasa contenida es suficiente para aplicaciones normales y vida del rodamiento. No es necesario agregar más grasa. Grasas de composiciones diferentes no pueden ser mezcladas.

VENTAJAS

- Bajas pérdidas por rozamiento
- Poseen capacidad para soportar cargas combinadas radiales y axiales.
- Exigen menor espacio axial.
- Son elementos estandarizados y fáciles de seleccionar.
- En el caso de rodamientos blindados no requieren lubricación adicional

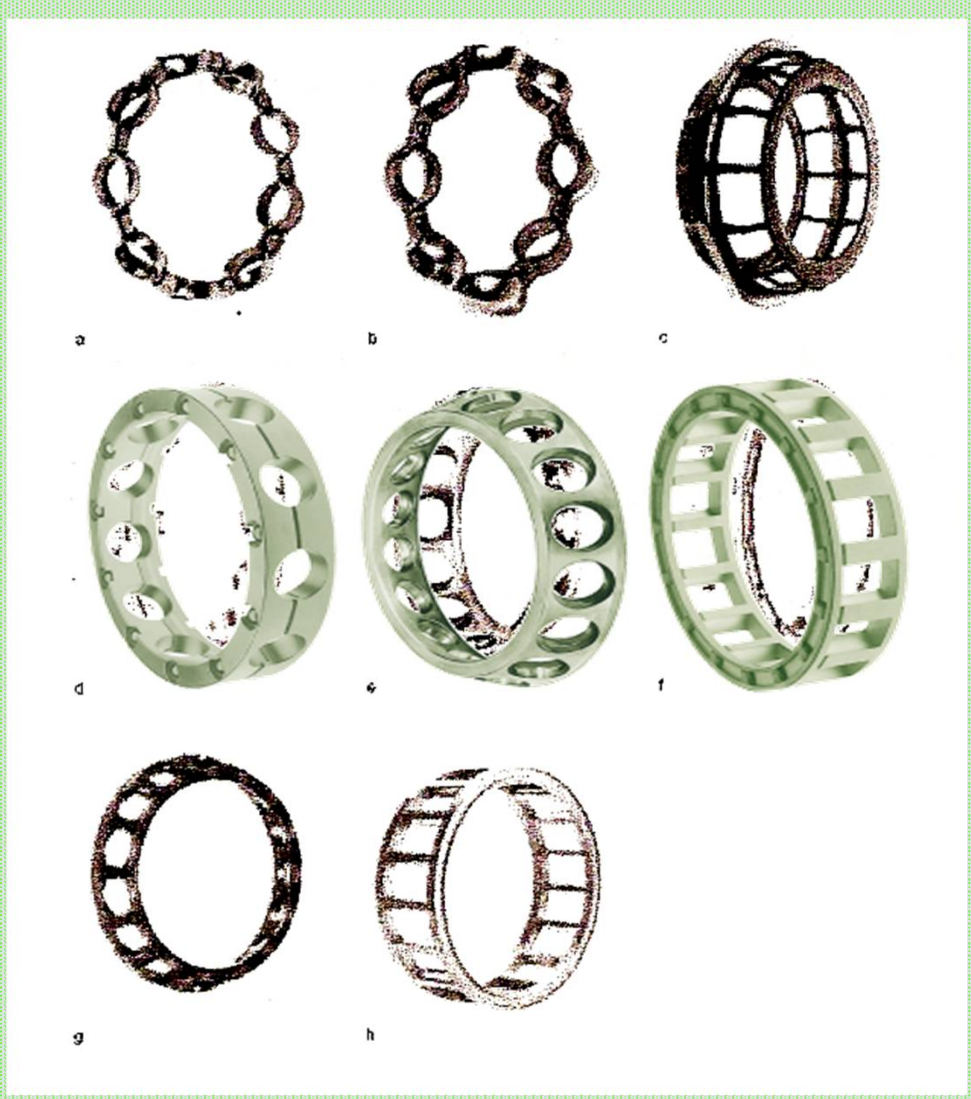
DESVENTAJAS

- Exigen mayor espacio radial.
- Su montaje requiere de dispositivos especiales.
- Poseen una durabilidad menor respecto de los cojinetes de deslizamiento.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



JAULAS DE RODAMIENTOS

13:30

MATERIAL DE LOS RODAMIENTOS

En consecuencia los materiales usados para los aros y elementos de rodadura, requieren las siguientes características: alta resistencia a la fatiga por contacto de rodadura, alta dureza, alta resistencia al desgaste, alta estabilidad dimensional y alta robustez mecánica.

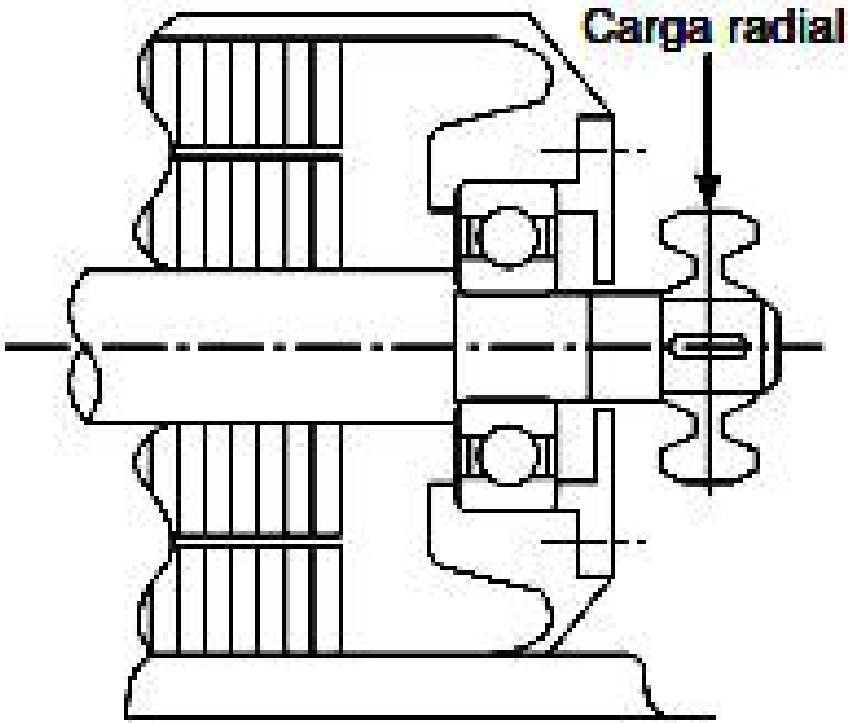
Los aceros usados son denominados al cromo de temple profundo, la composición química de todos estos aceros (ver tabla 5-XI), deriva del AISI 52100, que ha venido a ser el tipo clasico de acero para rodamientos.

Tabla 5-XI

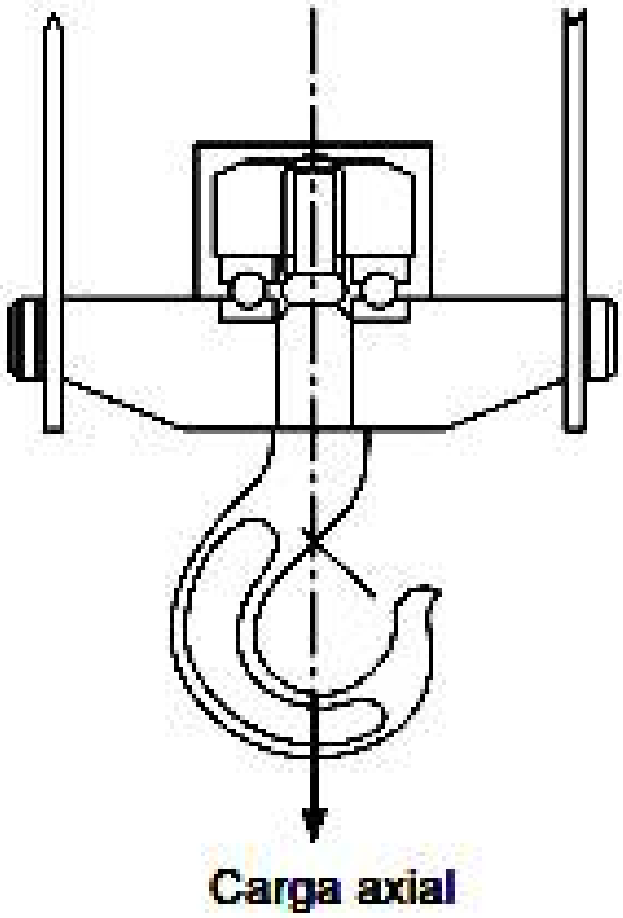
Composición Química del acero al cromo con Alto Contenido de Carbono (Elementos Principales)

Standard	Composición Química (%)							
	Símbolos	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
ASTM A 295	52100	0,98 a 1,10	0,15 a 0,35	0,25 a 0,45	menos de 0,025	menos de 0,025	1,30 a 1,60	menos de 0,1

Rodamiento radial (Ejemplo rodamiento rigido de bolas)



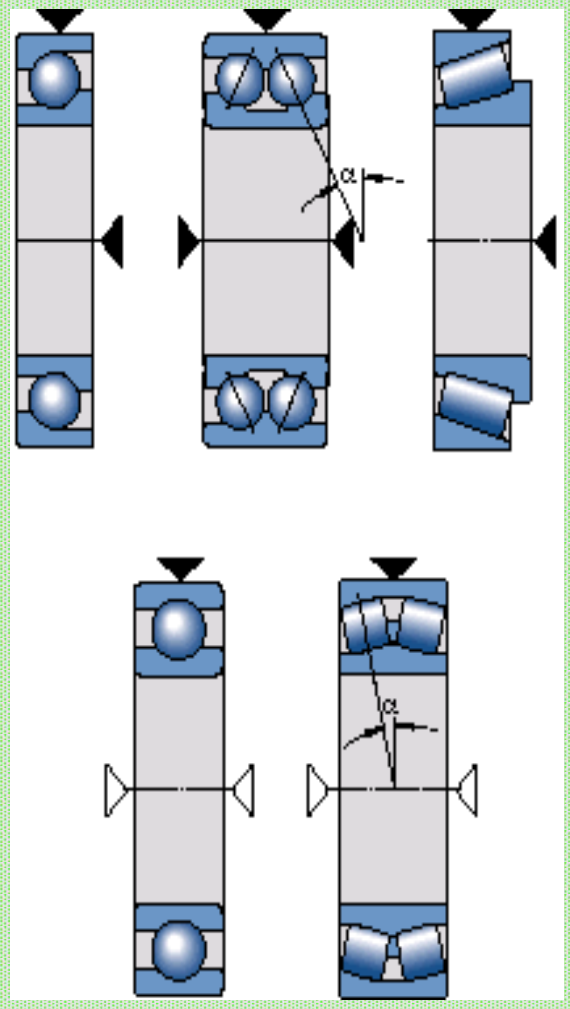
Rodamientos axiales (Ejemplo de rodamiento axial de bolas)

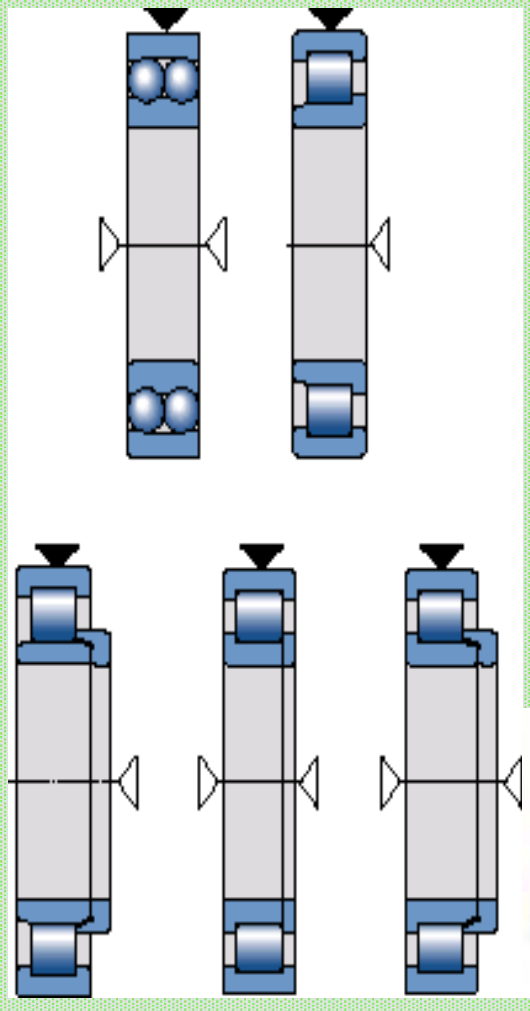


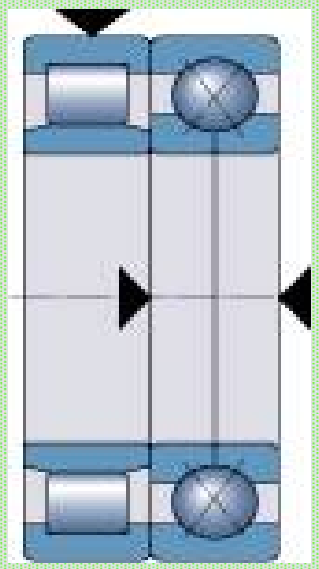
UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

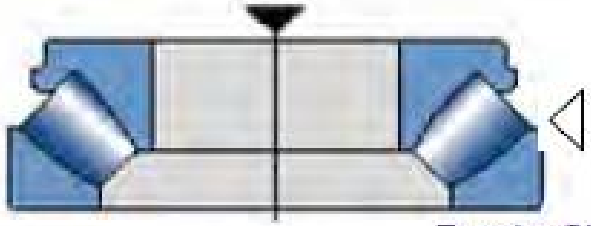
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS









Fuente: SKF

CARGA COMBINADA

13:30

Designación de los rodamientos

La denominación se interpreta de la siguiente forma:

El primer carácter (puede ser número o letra) identifica el tipo de rodamiento.

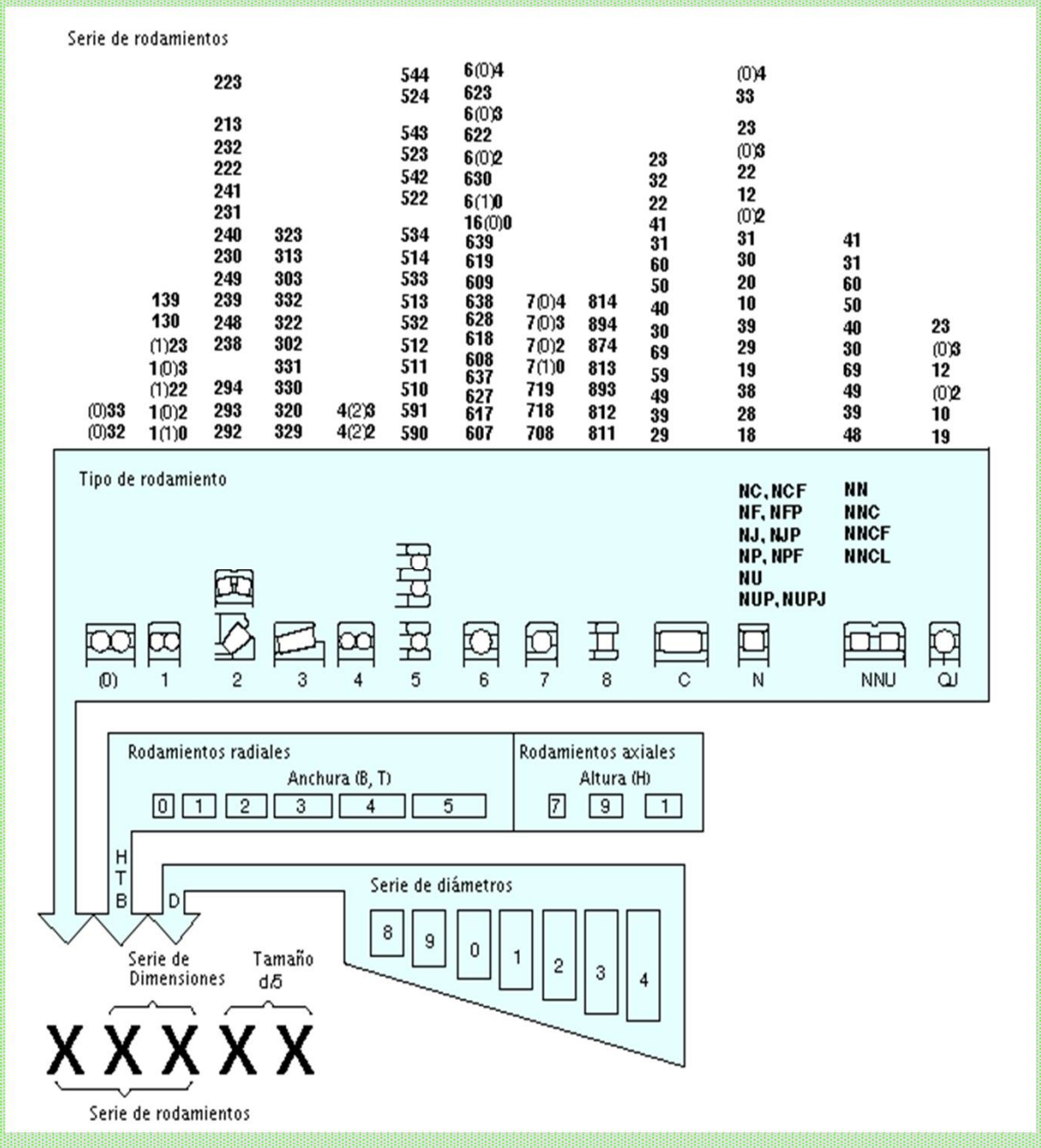
El segundo y tercer carácter denotan la Serie de Dimensiones, donde el primer carácter de la serie denota Serie de Anchos o de Altos y el segundo la Serie de Diámetros.

Los dos últimos caracteres indican el diámetro interior (en mm) multiplicado por 5

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



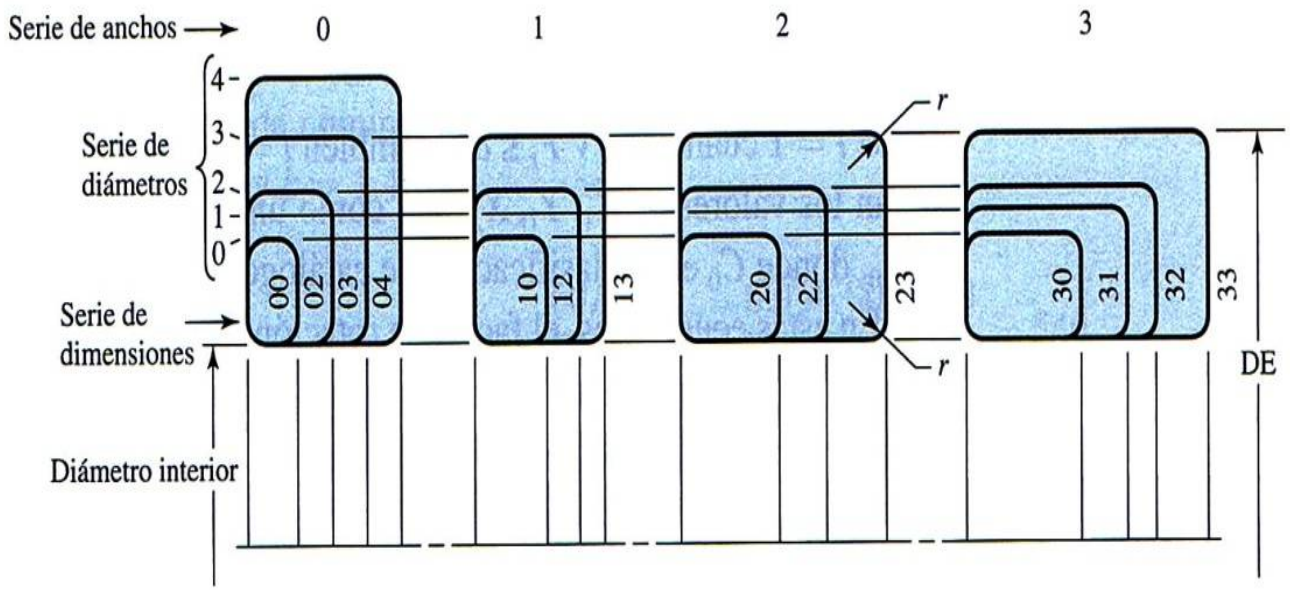
13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Plan básico de la ABMA* de las dimensiones límite. Se aplican a cojinetes de bolas, de rodillos cilíndricos y de rodillos esféricos, pero no a cojinetes de bolas de serie en pulgadas o de rodillos cónicos. El contorno de la esquina no se especifica. Se puede redondear o achaflanar, pero debe ser suficientemente pequeño para librar el radio del entalle especificado en las normas.



*AMBA: American Bearing Manufacturers Association

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

EJEMPLOS TÍPICOS DE DESIGNACIÓN DE RODAMIENTOS:

6 3 08 ZZ C3
- C3: Juego Radial (C3)
- ZZ: Escudos en ambos lados
- 08: Diámetro Interno (40mm)
- 3: Serie Diámetro 3
- 6: Rodamiento de Bolas Canal Profundo Hilera Sencilla

1 2 06 K + H206
- H206: Manguito con Diám. Int. 25mm
- K: Diám Int (1:12 Cónico)
- 06: Diámetro Interno Rodamiento (30mm)
- 2: Serie Diámetro 2
- 1: Rodamiento de Bolas Auto-Alineante

NU 3 18 M ()
- (): Juego Radial (CN es omitido)
- M: Jaula Latón Maquinado
- 18: Diámetro Interno Rodamiento (90mm)
- 3: Serie Diámetro 3
- NU: Rodamiento de Rodillos Cilíndricos (Tipo NU)

7 2 20 A DB C3
- C3: Juego Axial (C3)
- DB: Alineación Espalda-espalda
- A: Angulo Contacto (30°)
- 20: Diámetro Interno Rodamiento (100mm)
- 2: Serie Diámetro 2
- 7: Rodamientos de Bolas Contacto Angular

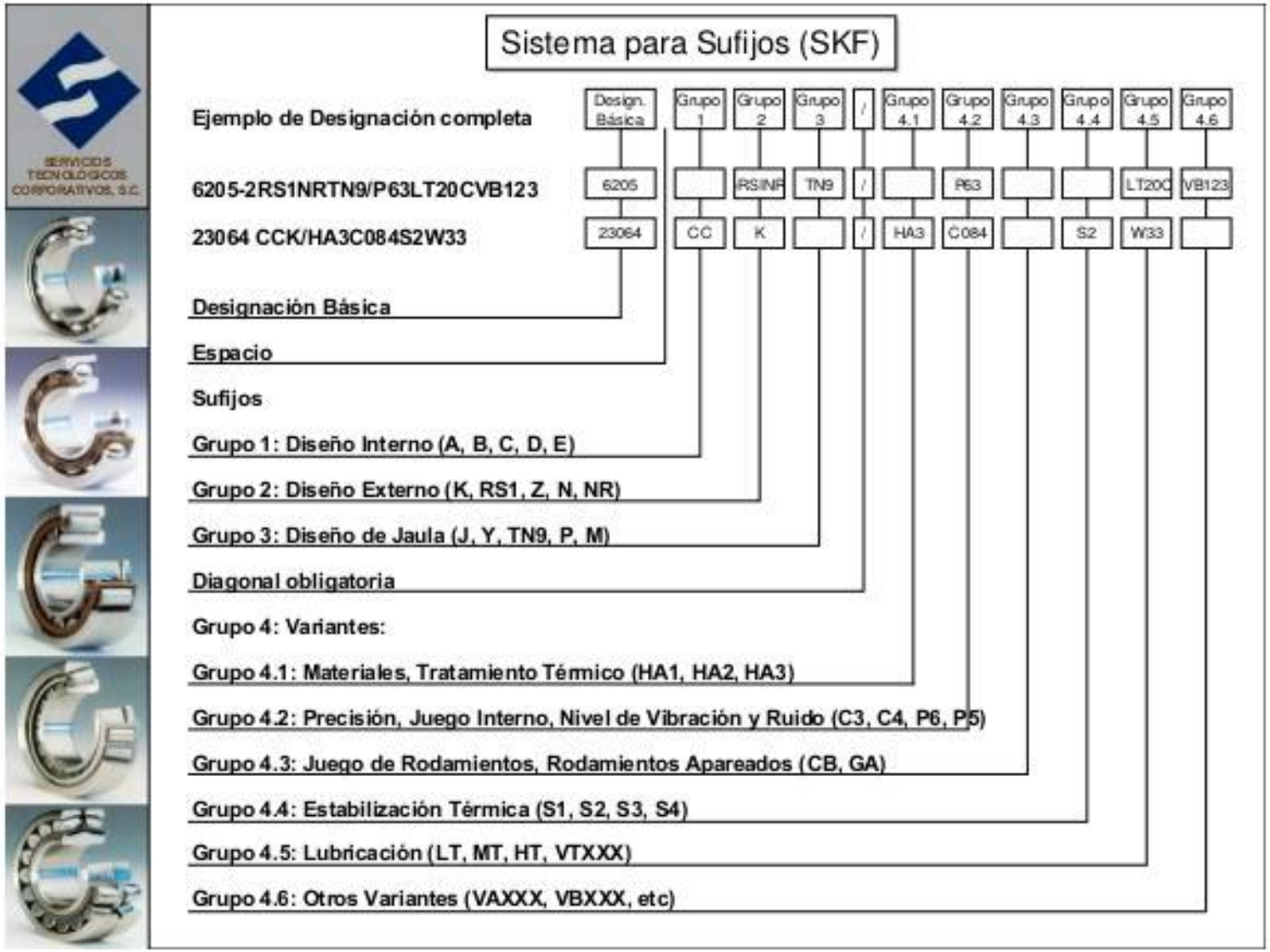
HR 3 0 2 07 J
- J: Diámetro Pequeño de Anillo de Pista Externo y Angulo de Contacto Cumplen Estándar ISO
- 07: Diámetro Interno Rodamiento (35mm)
- 2: Serie Diámetro 2
- 0: Serie Ancho 0
- 3: Rodamiento de Rodillos Cónicos
- HR: Rodamiento Alta Capacidad

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

Ing. Carlos Barrera

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS

Admiten cargas radiales y axiales en ambas direcciones. Son apropiados para velocidades elevadas. No son desmontables

Solo admiten pequeñas desalineaciones entre árbol y soporte.

Rodamiento rígido de dos hileras de bolas





13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

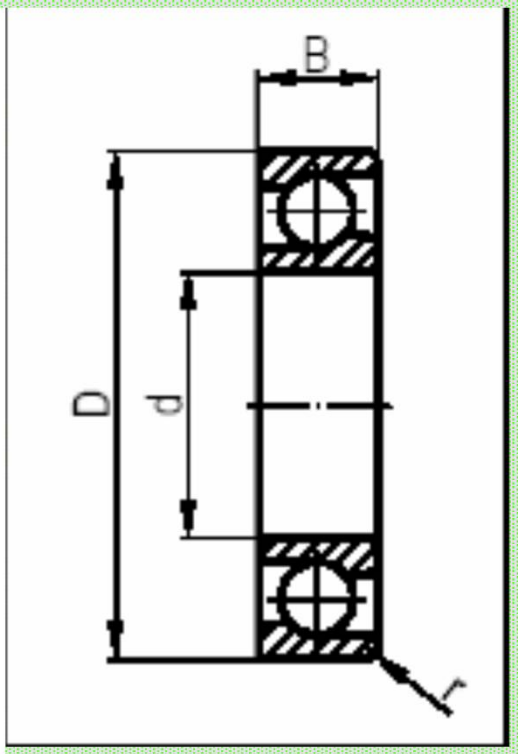
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

RODAMIENTOS DE CONTACTO ANGULAR

La carga se transmite de un camino de rodadura a otro con un ángulo del orden de 40º. Poseen una capacidad de carga axial superior a los rígidos, pero esta carga tiene solo una dirección posible. Por ello, se montan en parejas.





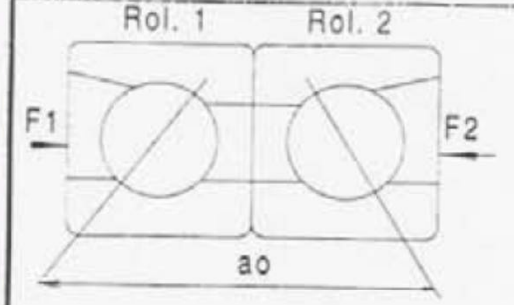
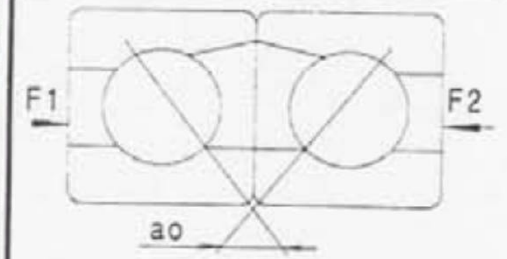
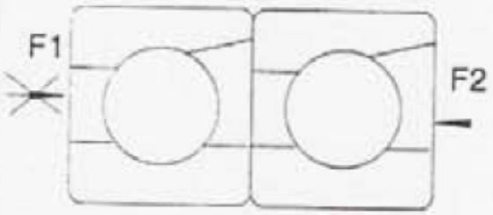
13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Rodamientos de bolas de contacto angular

Figura	*Tipos*	*Características*
	Espalda – Espalda (DB) Ejemplo 7208 A DB	Cargas radiales y cargas axiales en ambos sentidos pueden ser soportadas. Puesto que la distancia entre los centros efectivos de carga es grande, este tipo es aconsejable si se aplican momentos.
	Cara – Cara (DF) Ejemplo 7208 B DF	Pueden soportar cargas radiales y axial es en ambas direcciones. Comparado con el tipo DB, la distancia entre los centros efectivos de carga es pequeña, por lo cual la capacidad para mantener momentos es inferior a la del tipo DB.
	Tandem (DT) Ejemplo 7208 A DT	Pueden soportar cargas radiales y axiales en una sola dirección. Puesto que dos rodamientos comparten la carga axial, esta disposición se utiliza cuando la carga en una de las direcciones es pesada.

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

Ing. Carlos Barrera

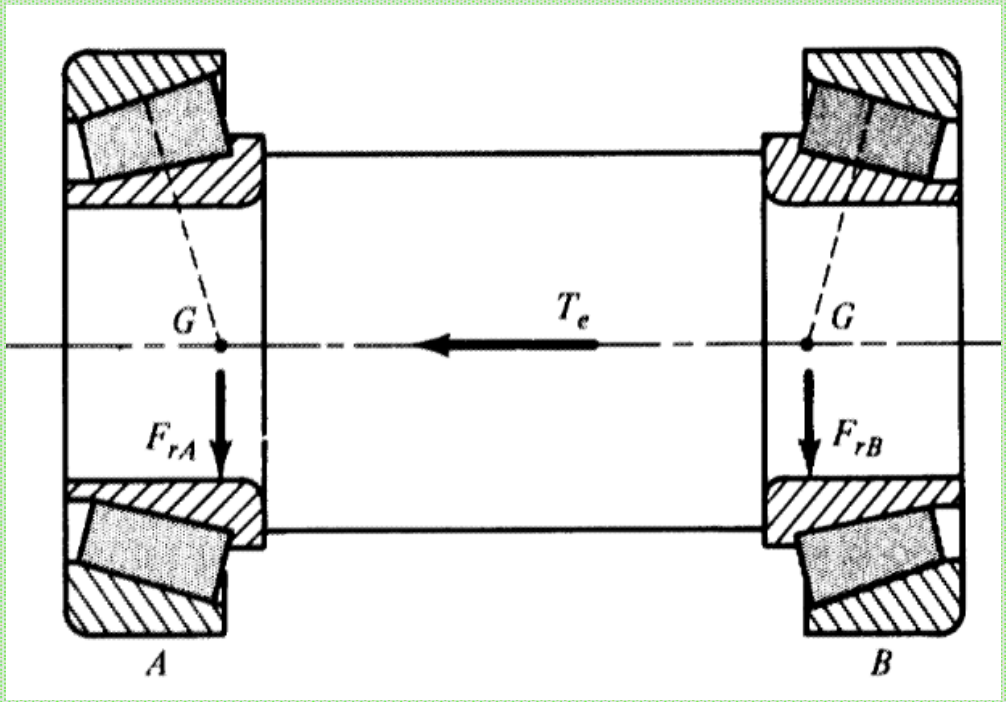
UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS

Rodamiento que dada su configuración soporta elevadas cargas radiales y axiales en un sentido. Son desmontables. Deben montarse en parejas de manera que absorban ambas direcciones de carga.





13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

RODAMIENTOS OSCILANTES DE BOLAS

Rodamiento de una hilera de bolas a rótula, con obturaciones rozantes



Rodamiento de doble hilera de bolas donde la pista del aro exterior tiene forma esférica. Esto le da la ventaja de autoorientarse y compensar posiciones de inclinación entre eje y soporte. No son aptos para fuerzas axiales importantes.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

RODAMIENTOS OSCILANTES DE RODILLOS





Los rodamientos oscilantes de rodillos son unidades constructivas autoretenidas de dos hileras, formadas por anillos exteriores macizos con pista de rodadura cóncavo-esférica, anillos interiores macizos, así como rodillos en forma de tonel, con jaulas. Los rodillos simétricos en forma de tonel, se adaptan fácilmente a la pista de rodadura cóncavo-esférica del anillo exterior. De esta manera, compensan las flexiones de los ejes y los errores de alineación de los apoyos.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

RODAMIENTOS RADIALES DE RODILLOS CILINDRICOS



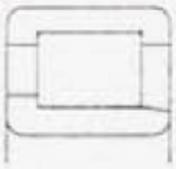
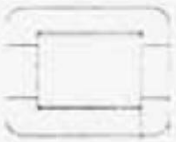
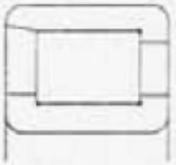
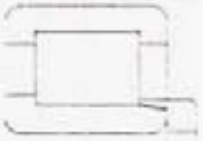
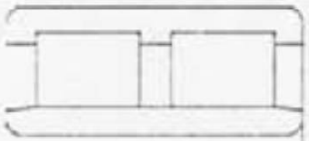
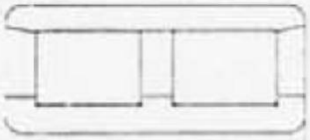
Rodamiento apto para elevadas cargas radiales y limitado para las cargas axiales. Por lo general son desmontables.

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Tipo	NU	NJ	NUP
Figura			
Tipo	**N**	**NF**	**NH**
Figura			
Tipo	**NNU**		**NN**
Figura			

- Los rodamientos NU, N, NNU y NN, son adecuados como rodamientos con un extremo libre;
- Los rodamientos NJ y NF, pueden soportar carga axial en un sentido;
- Los rodamientos NH y NUP, pueden ser utilizados como rodamientos de extremo fijo;

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

RODAMIENTOS DE AGUJAS





Los rodamientos de agujas son rodamientos con rodillos cilíndricos largos y delgados en relación con su diámetro. A pesar de su pequeña sección transversal, tienen una gran capacidad de carga y, por lo tanto, son muy apropiados para disposiciones de rodamientos con un espacio radial limitado.

13:30

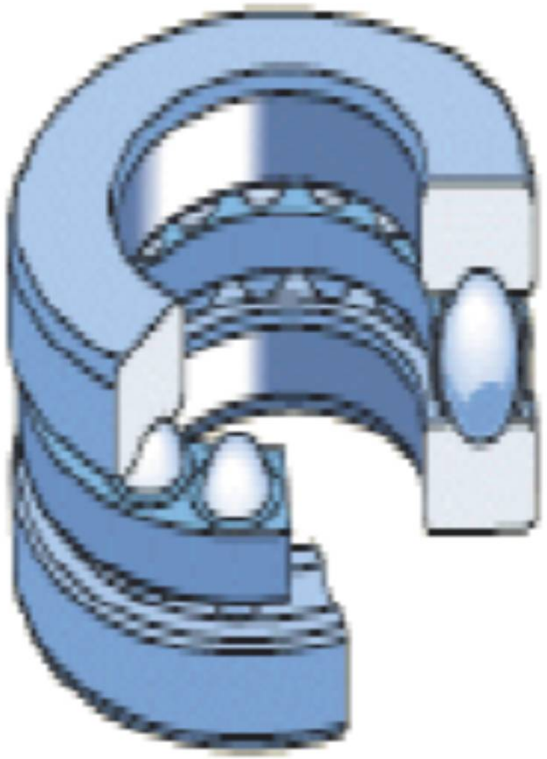
UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

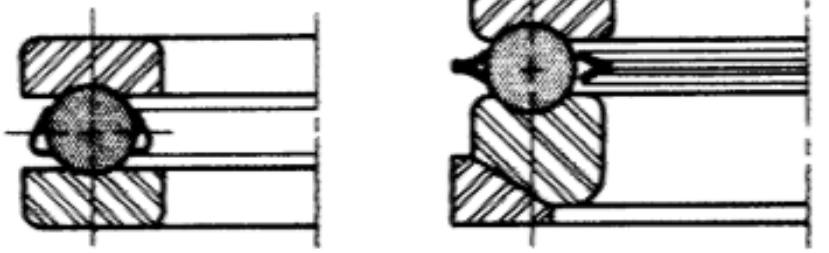
Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

RODAMIENTOS AXIALES DE BOLAS

Rodamiento axial de bolas, de simple efecto, con una arandela de alojamiento plana



Rodamiento para cargas axiales en una sola dirección. No admiten cargas radiales.



(*i*)
De empuje
(o carga axial)

(*j*)
De empuje, autoalineante

Rodajes SKF Introduccion.wmv

13:30

Selección del tipo de Rodamiento:

✓Cargas sobre el rodamiento

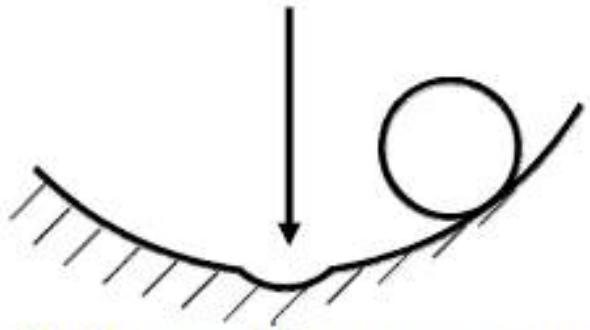
TIPO / MAGNITUD	SÓLO AXIAL	SÓLO RADIAL	COMBINADA (RADIAL Y AXIAL ACTUANDO SIMULATANEAMENTE)	
			AXIAL EN UN SENTIDO	AXIAL EN AMBOS SENTIDOS
PESADA	AXIALES DE RODILLOS AXIALES DE AGUJAS	DE RODILLOS CILÍNDRICOS	DE RODILLOS CÓNICOS DE BOLAS CON CONTACTO ANGULAR	
MODERADA	AXIALES DE BOLAS	DE AGUJAS	AXIALES DE RODILLOS A RÓTULA	RODILLOS A RÓTULA
DÉBIL				DE BOLAS A RÓTULA RÍGIDOS DE BOLAS RODILLOS CON PESTAÑA

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

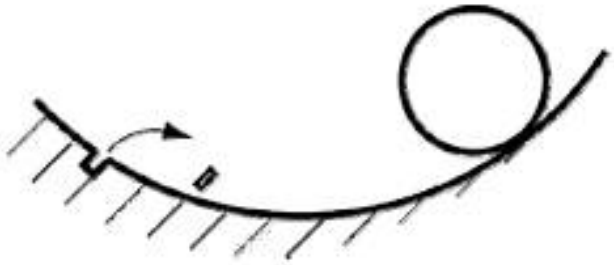
Fallas en los rodamientos



I - Deformación permanente



II - Fatiga superficial

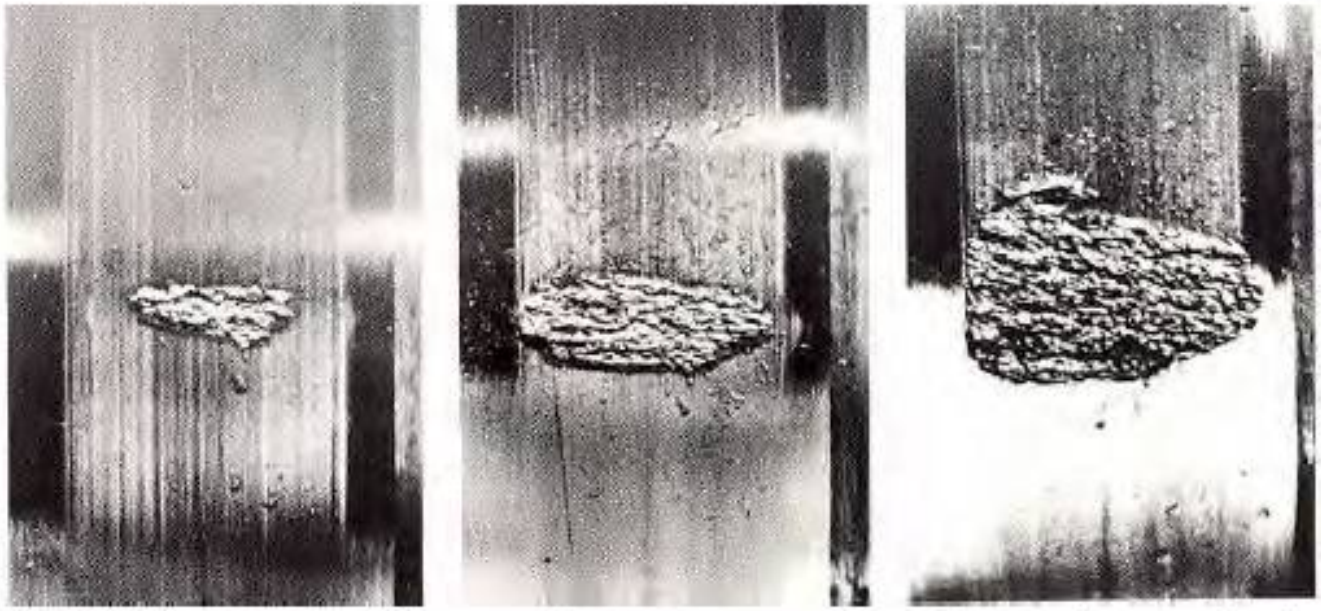


III - Desgaste

13:30

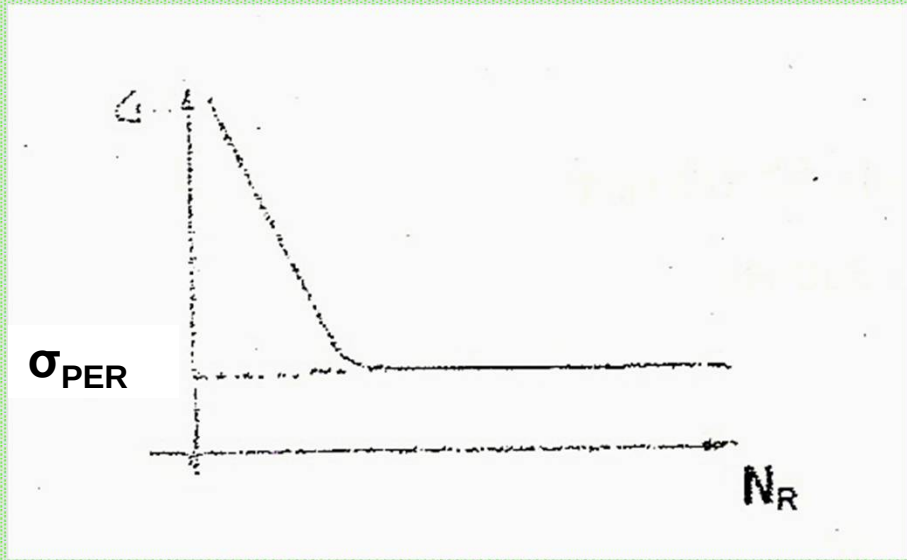
Picadura por fatiga de las superficies de trabajo





Aparecen pequeños cráteres en la pista de rodadura debido al fenómeno de fatiga

La zona de resistencia temporal, representada en diagrama logarítmico, es una línea recta descendente con el número de ciclos.



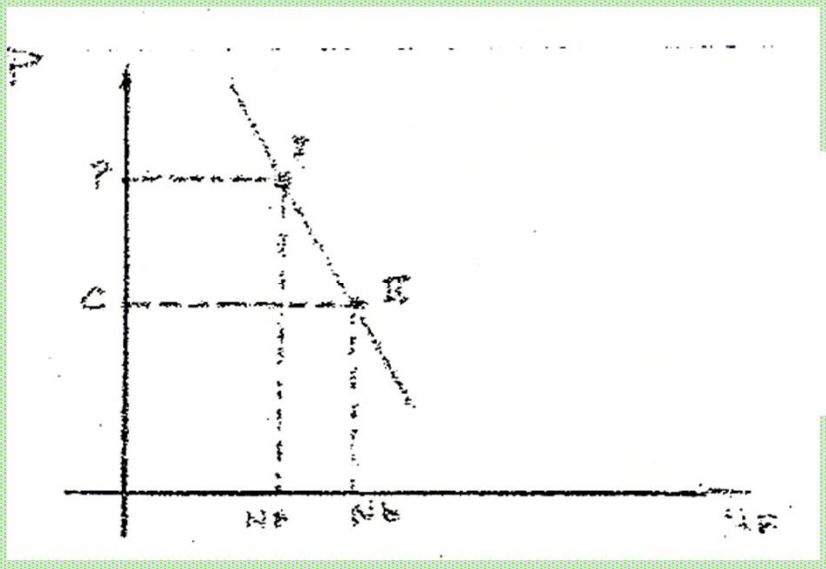
Las tensiones de contacto e inducidas que se producen en los rodamientos están siempre por encima de σ_{per} , por lo tanto las picaduras se producirán en algún momento.

Las tensiones son proporcionales a las cargas y los ciclos de falla a los números de vueltas girados por el rodamiento se obtiene por ensayo la relación que existe en un rodamiento entre la carga aplicada P y el número de vueltas girado por el rodamiento hasta el comienzo de las picaduras N_F.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



$$N_F = K * P^{-b}$$

A 1.000.000 de vueltas tenemos:

$$N_b = K * C^{-b}$$

N_b Número básico de vueltas a la falla 10^6

C: Capacidad de carga dinámica del rodamiento

La capacidad de carga dinámica C de un rodamiento es aquella carga que originaría la falla o comienzo de las picaduras.

La capacidad de carga dinámica C se usa para los cálculos cuando existen esfuerzos dinámicos, es decir, al seleccionar un rodamiento que gira sometido a carga y expresa la carga que puede soportar un rodamiento alcanzando una vida nominal de 1.000.000 de revoluciones, con una seguridad del 90%.

Dividiendo ambas ecuaciones:

$$\frac{N_F}{N_b} = \left(\frac{P}{C}\right)^{-b} = \left(\frac{C}{P}\right)^{b} \Rightarrow \frac{N_F}{N_b} = \left(\frac{C}{P}\right)^{b}$$

b: es un coeficiente experimental cuyos valores son:

3 para rodamientos de bolas

10/3 para rodamientos de rodillos

N_F = 60 (min/hor) * n (vueltas/min) * L_H (hor)

N_b = 60 (min/hor) * n_b (vueltas/min) * L_{Hb} (hor)

n_b Velocidad de giro base normalmente 33 1/3 rpm

L_{Hb} Vida en horas base, normalmente 500 Hs.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

$N_b = 60 * 33\ 1/3 * 500 = 1.000.000$

$$\frac{C}{P} = \sqrt[b]{\frac{N_F}{N_b}}$$

$$\frac{C}{P} = \sqrt[b]{\frac{n}{n_b}} * \sqrt[b]{\frac{L_H}{L_{Hb}}} \Rightarrow \sqrt[b]{\frac{L_H}{L_{Hb}}} = \frac{C}{P} * \sqrt[b]{\frac{n_b}{n}}$$

Se define el factor de vida f_L como:

$$f_L = \sqrt[b]{\frac{L_H}{L_{Hb}}} = \sqrt[b]{\frac{L_H}{500}}$$

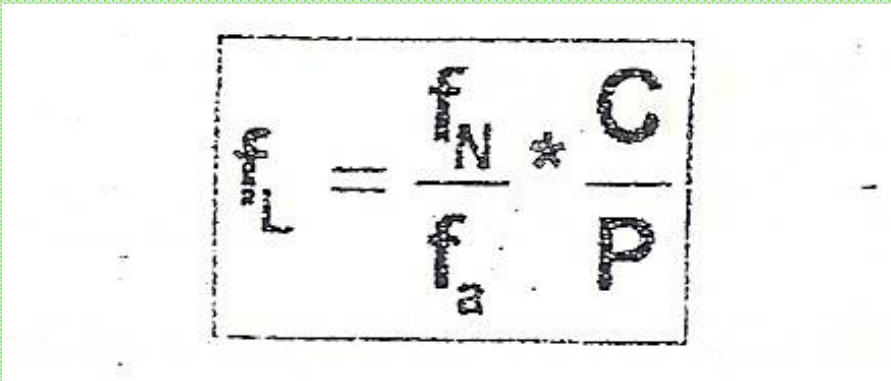
Se define el factor de velocidad f_N como:

$$f_N = \sqrt[b]{\frac{n_b}{n}} = \sqrt[b]{\frac{33.33}{n}}$$

$$\boxed{f_L = f_N \frac{C}{P}}$$

13:30

La fórmula anterior es para cargas P constantes y aplicadas sin choque. Cuando se da esta situación se multiplica la carga P por un coeficiente llamado factor de aplicación



Tipo de servicio	Factor de aplicación fa	
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Carga estática y uniforme	1	1
Con choques livianos	1.5	1
Con choques moderados	2	1.3
Con choques fuertes	2.5	1.7
Con choques muy intensos o indeterminados	3	2

Cuando se habla de la vida de un rodamiento, varios rodamientos iguales en similares estados de carga y velocidad puedan fallar todos simultáneamente a las L_H horas de funcionamiento.

La vida fijada para la selección, es superada por un 90 % de los rodamientos en iguales condiciones, mientras que un 10 % falla antes de llegar a las L_H horas de servicio.

CARGA EQUIVALENTE

En general aparece en los rodamientos una combinación de cargas radiales y axiales. Para valorar el efecto, se combinan en una Carga Radial Equivalente.

$$P = x * F_r + y * F_a$$

Ingeniería I: Cálculo de Carga Equivalente (P)

Reducción de fuerzas combinadas a una única Carga Radial Equivalente.

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

- Donde X e Y provienen de tablas del fabricante según el tipo de rodamiento.

Tipo de Rodamiento	Relación F_a/F_r	Manejes Y factor	
		X	Y
	0.10	0.50	1.00
	0.20	0.60	1.50
	0.30	0.70	2.00
	0.70	0.55	1.55
	1.00	0.45	2.50
	2.20	0.90	3.00

Factor de Aplicación (f_a)

Si existen choques en la operación, el valor P se multiplica por f_a.

Carga estática / uniforme:	1.0
Choques ligeros:	1.5
Choques moderados:	2.0
Choques fuertes:	2.5 - 3.0

SKF

Gemini Notebook

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

TABLA 1

RODAMIENTOS DE BOLAS

Tipo de rodamiento	$\frac{F_a}{F_r} \leqq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		e
	X	Y	X	Y	
Rodamientos rígidos de bolas Series EL, R, 160, 60, 62, 63, 64, 42, 43					
$-\frac{F_a}{C_0}- = 0{,}025$				2	0,22
$= 0{,}04$				1,8	0,24
$= 0{,}07$				1,6	0,27
$= 0{,}13$	1	0	0,56	1,4	0,31
$= 0{,}25$				1,2	0,37
$= 0{,}5$				1	0,44
Rodamientos de					

RODAMIENTOS DE RODILLOS

Tipo de rodamiento	$\frac{F_a}{F_r} \leqq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		e
	X	Y	X	Y	
Rodamientos de rodillos a rótula					
23944—239/670	1	3,7	0,67	5,5	0,18
239/710—239/950		4		6	0,17
23024 C—23068 CA	1	2,9	0,67	4,4	0,23
23072 CA—230/500 CA		3,3		4,9	0,21
24024 C—24080 CA	1	2,3	0,67	3,5	0,29
24084 CA—240/500 CA		2,4		3,6	0,28
23120 C—23128 C	1	2,4	0,67	3,6	0,28
23130 C—231/500 CA		2,3		3,5	0,29

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Tiempo de funcionamiento a la fatiga para rodamientos de rodillos

$$\frac{C}{P} \cdot f_n = \sqrt[\frac{10}{3}]{\frac{Lh}{500}}$$

Lh horas	$\frac{C}{P} \cdot f_n$	Lh horas	$\frac{C}{P} \cdot f_n$	Lh horas	$\frac{C}{P} \cdot f_n$	Lh horas	$\frac{C}{P} \cdot f_n$	Lh horas	$\frac{C}{P} \cdot f_n$	Lh horas	$\frac{C}{P} \cdot f_n$
100	0,617	400	0,935	800	1,150	2 000	1,515	6 000	2,11	10 000	2,46	40 000	3,72
110	0,635	420	0,949	820	1,160	2 200	1,560	6 200	2,13	11 000	2,53	42 000	3,78
120	0,652	440	0,962	840	1,170	2 400	1,600	6 400	2,15	12 000	2,59	44 000	3,83
130	0,668	460	0,975	860	1,180	2 600	1,640	6 600	2,17	13 000	2,66	46 000	3,88
140	0,683	480	0,988	880	1,185	2 800	1,675	6 800	2,19	14 000	2,72	48 000	3,93
150	0,697	500	1,000	900	1,190	3 000	1,710	7 000	2,21	15 000	2,77	50 000	3,98
160	0,710	520	1,010	920	1,200	3 200	1,745	7 200	2,23	16 000	2,83		
170	0,723	540	1,025	940	1,210	3 400	1,775	7 400	2,24	17 000	2,88		
180	0,736	560	1,035	960	1,215	3 600	1,810	7 600	2,26	18 000	2,93		
190	0,748	580	1,045	980	1,225	3 800	1,840	7 800	2,28	19 000	2,98		
200	0,760	600	1,055	1 000	1,230	4 000	1,865	8 000	2,30	20 000	3,02		
220	0,782	620	1,065	1 100	1,270	4 200	1,895	8 200	2,31	22 000	3,11		
240	0,802	640	1,075	1 200	1,300	4 400	1,920	8 400	2,33	24 000	3,19		
260	0,822	660	1,085	1 300	1,330	4 600	1,945	8 600	2,35	26 000	3,27		
280	0,840	680	1,095	1 400	1,360	4 800	1,970	8 800	2,36	28 000	3,35		
300	0,858	700	1,105	1 500	1,390	5 000	2,00	9 000	2,38	30 000	3,42		
320	0,875	720	1,115	1 600	1,420	5 200	2,02	9 200	2,40	32 000	3,48		
340	0,891	740	1,125	1 700	1,445	5 400	2,04	9 400	2,41	34 000	3,55		
360	0,906	760	1,135	1 800	1,470	5 600	2,06	9 600	2,43	36 000	3,61		
380	0,921	780	1,145	1 900	1,490	5 800	2,09	9 800	2,44	38 000	3,67		

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

13:30

Factor de velocidad f_n para rodamientos de bolas

n r. p. m.	f_n	n r. p. m.	f_n	n r. p. m.	f_n	n r. p. m.	f_n
10	1,494	100	0,693	450	0,420	2 100	0,251
12	1,405	105	0,682	460	0,417	2 200	0,247
14	1,335	110	0,672	470	0,414	2 300	0,244
16	1,277	115	0,662	480	0,411	2 400	0,240
18	1,228	120	0,652	490	0,408	2 500	0,237
20	1,186	125	0,644	500	0,406	2 600	0,234
22	1,148	130	0,635	520	0,400	2 700	0,231
24	1,116	135	0,627	540	0,395	2 800	0,228
26	1,086	140	0,620	560	0,390	2 900	0,226
28	1,060	145	0,613	580	0,386	3 000	0,223
30	1,036	150	0,606	600	0,382	3 100	0,221
32	1,014	155	0,599	620	0,378	3 200	0,218
34	0,994	160	0,593	640	0,374	3 300	0,216
36	0,975	165	0,586	660	0,370	3 400	0,214
38	0,958	170	0,581	680	0,366	3 500	0,212
40	0,941	175	0,575	700	0,363	3 600	0,210
42	0,926	180	0,570	720	0,359	3 700	0,208
44	0,912	185	0,565	740	0,356	3 800	0,206
46	0,898	190	0,560	760	0,353	3 900	0,205
48	0,885	195	0,555	780	0,350	4 000	0,203
50	0,874	200	0,550	800	0,347	4 100	0,201
52	0,863	210	0,541	820	0,344	4 200	0,199
54	0,851	220	0,533	840	0,341	4 300	0,198
56	0,841	230	0,525	860	0,339	4 400	0,196
58	0,831	240	0,518	880	0,336	4 500	0,195
60	0,822	250	0,511	900	0,333	4 600	0,193
62	0,813	260	0,504	920	0,331	4 700	0,192
64	0,805	270	0,498	940	0,329	4 800	0,191
66	0,797	280	0,492	960	0,326	4 900	0,190
68	0,788	290	0,487	980	0,324	5 000	0,188

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

CAPACIDAD DE CARGA ESTÁTICA

$$C_0 = s_0 P_0$$

donde

C_0 = capacidad de carga estática, kN

P_0 = carga estática equivalente, kN

s_0 = factor de seguridad estática

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios						Rodamientos estacionarios	
	Requisitos relativos al funcionamiento silencioso							
	sin importancia		normales		alto			
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables[1)]	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula se recomienda utilizar $s_0 \geq 4$, para los rodamientos de rodillos cónicos sin jaula (rodamientos de tornillos) $s_0 \geq 2,5$, y para los rodamientos de rodillos cónicos y cilíndricos con jaulas de acero con pasadores $s_0 \geq 2$

1) Cuando no se conoce la magnitud de la carga de choque , deberán utilizarse valores de s_0 por lo menos iguales a los mencionados más arriba. Si la magnitud de las cargas de choque se conoce con exactitud, se pueden aplicar valores de s_0 menores

Se define la Capacidad de Carga Estática de un rodamiento a aquella carga estática, capaz de originar una deformación permanente del 0.01 % del diámetro de los cuerpos rodantes. Estas deformaciones tan pequeñas no influyen en el funcionamiento del rodamiento.

13:30

CÁLCULO POR DURACIÓN

La duración que hemos definido como L_H es válida para rodamientos de acero de buena calidad, correcto tratamiento térmico, condiciones de montaje apropiadas, muy buenas condiciones de lubricación y obturación y funcionando a temperaturas correctas

ISO realiza una corrección en la duración L_H considerando la influencia de factores que denomina a1, a2 y a3

$$L_H = \left(\frac{C}{P}\right)^b * a_1 * a_2 * a_3$$

- **a1: Factor probabilístico de falla.**
- **a2: Factor de material. Tiene en cuenta la calidad del material, su tratamiento térmico, acabado superficial.**
- **a3: Factor de condiciones de servicio. Los valores más elevados de duración se logran cuando existe una lubricación hidrodinámica cuyo efecto separa los cuerpos rodantes de las pistas evitando el contacto metálico.**

$$L_H = \left(\frac{C}{P}\right)^b * a_1 * a_{23}$$

$$L_H = \left(\frac{C}{P}\right)^b * a_1 * a_{SKF}$$

La duración de vida es la duración realmente alcanzada por un rodamiento. Puede presentar una considerable desviación respecto a la duración de vida nominal calculada.

Las posibles causas son el desgaste y/o la fatiga por:

- parámetros de funcionamiento diferentes
- error de alineación entre el eje y el alojamiento
- juego de funcionamiento excesivamente reducido o elevado
- suciedad
- lubricación insuficiente
- temperatura de funcionamiento excesivamente alta
- movimientos oscilantes del rodamiento, con ángulos de oscilación muy reducidos (formación de estrías)
- solicitación por vibraciones y formación de estrías
- cargas a impulsos muy elevadas (sobrecarga estática)
- daños durante en el montaje.

Valor del factor a_1

Fiabilidad %	a_1
90	1
95	0,62
96	0,53
97	0,44
98	0,33
99	0,21

Fuente: Catálogo General SKF

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Clase ISO de viscosidad	Viscosidad cinemática a 40 °C		
	media	mín	máx
-	mm^2/s		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

Fuente: Catálogo General SKF

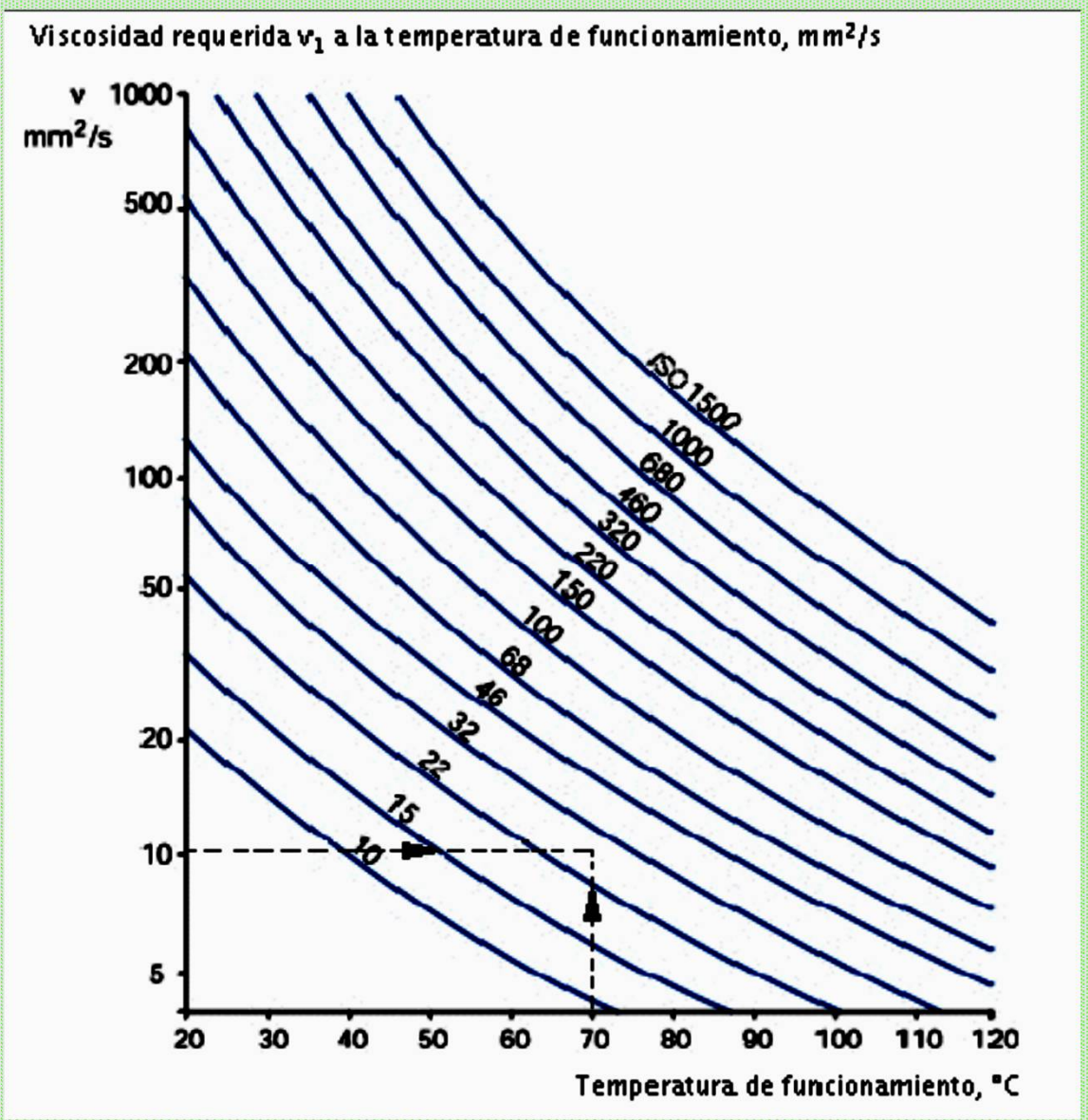
13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Viscosidad de servicio del lubricante



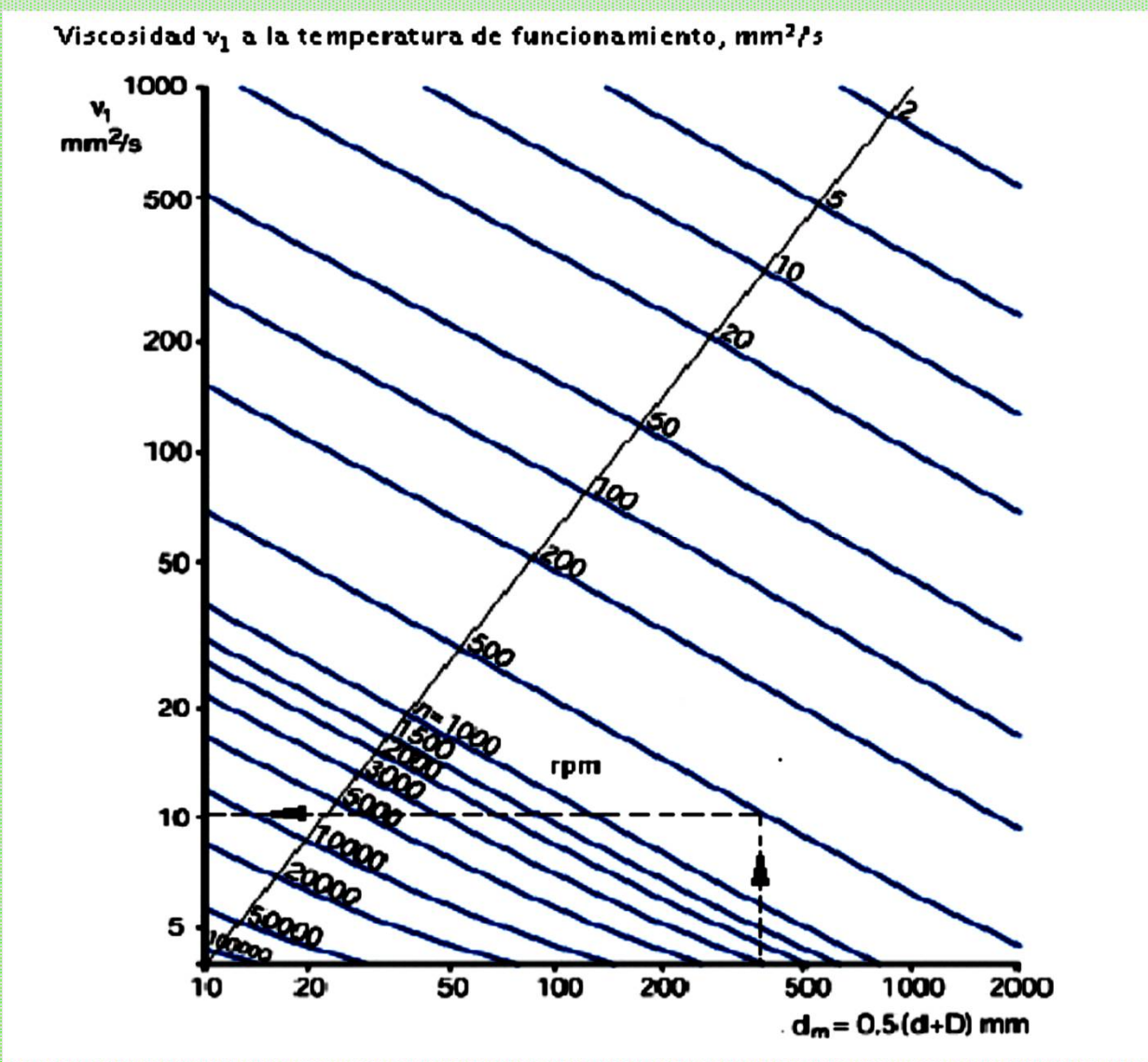
13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Viscosidad de referencia

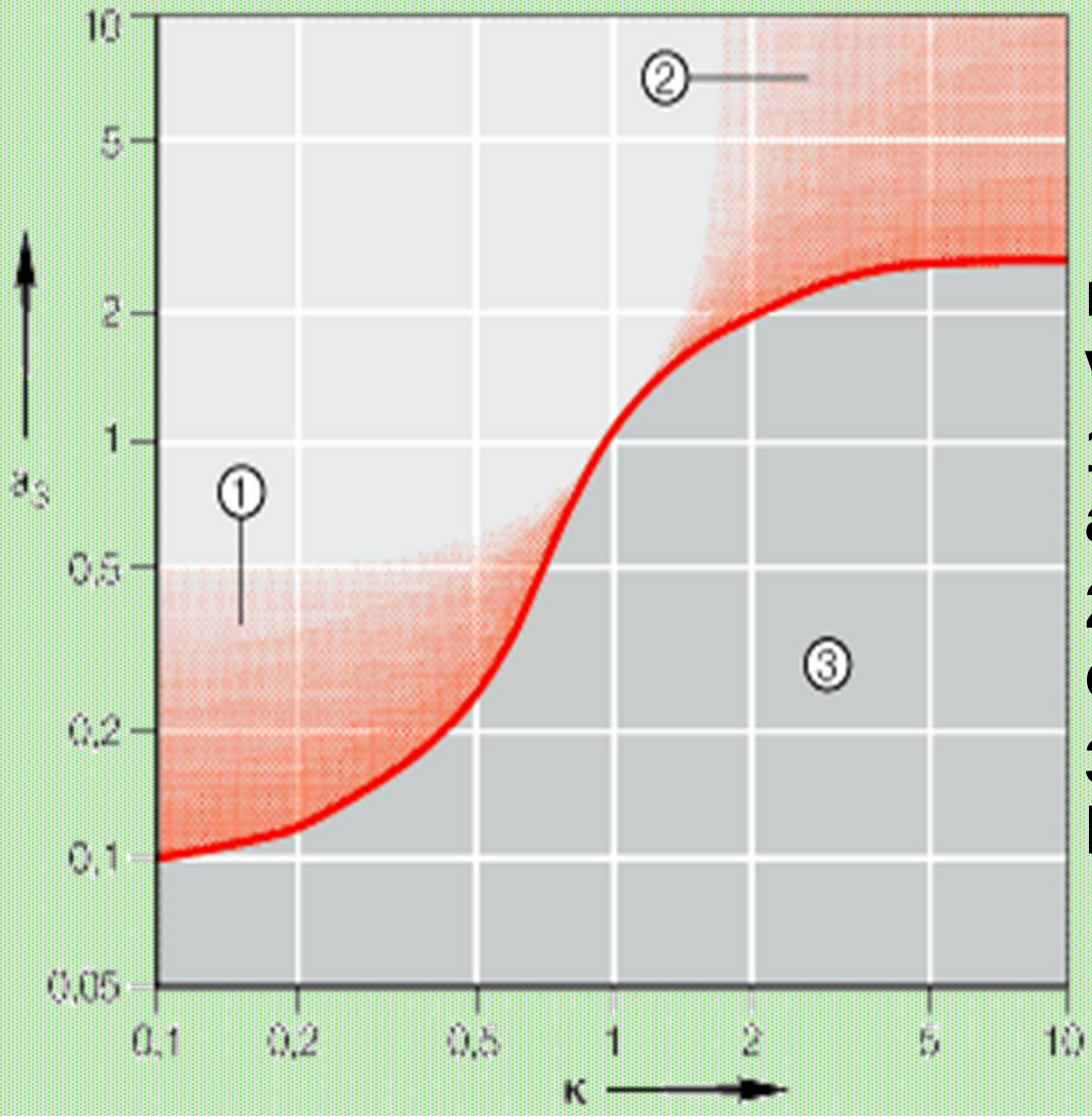


13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



κ : Relación de viscosidades

1) Buena limpieza y aditivos adecuados

2) Máxima limpieza y carga reducida

3) Impurezas en el lubricante

Valores del factor de ajuste η_c para diferentes grados de contaminación

Condición[1)]	η_c
Muy limpio Tamaño de partículas del orden del espesor de la película de lubricante.	1
Limpio Condiciones típicas de rodamientos con obturaciones engrasados por vida.	0,8
Normal Condiciones típicas de rodamientos con protecciones engrasados por vida.	0,5
Contaminado Condiciones típicas de rodamientos sin obturaciones integradas; filtros de paso grueso paras lubricante y/o entrada de partículas desde el entorno.	0,5 a 0,1
Fuertemente contaminado[2)]	0

1. La escala para η_c se refiere sólo a contaminantes sólidos típicos. La disminución de la vida del rodamiento por contaminación por agua u otros fluidos no está incluida.
2. Para fuerte contaminación, los valores η_c pueden estar fuera de la escala resultando una más severa reducción de la vida que la predicha por la ecuación L_{naa}

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

13:30

Ing. Carlos Barrera

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

SKF

Dimensiones principales			Capacidades de carga dinámica	estática	Carga límite de fatiga	Velocidades Velocidad de referencia	Velocidad límite	Masa	Designación
d	D	B	C	C_0	P_u				
mm			kN		kN	rpm		kg	-
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130000	80000	0,0015	623
3	10	4	0,54	0,18	0,007	-	40000	0,0015	623-2RS1
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130000	63000	0,0015	623-2Z
3	10	4	0,54	0,18	0,007	-	40000	0,0015	623-RS1
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130000	80000	0,0015	623-Z
4	9	2,5	0,54	0,18	0,007	140000	85000	0,0007	618/4
4	9	3,5	0,54	0,18	0,007	140000	70000	0,0010	628/4-2Z
4	9	4	0,54	0,18	0,007	140000	70000	0,0013	638/4-2Z
4	11	4	0,715	0,232	0,0098	130000	80000	0,0017	619/4
4	11	4	0,715	0,232	0,0098	130000	63000	0,0017	619/4-2Z
4	12	4	0,806	0,28	0,012	120000	75000	0,0021	604
4	12	4	0,806	0,28	0,012	120000	60000	0,0021	604-2Z
4	12	4	0,806	0,28	0,012	120000	60000	0,0021	604-Z
4	13	5	0,936	0,29	0,012	110000	67000	0,0031	624
4	13	5	0,936	0,29	0,012	110000	53000	0,0031	624-2Z
4	13	5	0,936	0,29	0,012	110000	67000	0,0031	624-Z
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	60000	0,0054	634
4	16	5	1,11	0,38	0,016	-	28000	0,0054	634-2RS1
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	48000	0,0054	634-2RZ
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	48000	0,0054	634-2Z
4	16	5	1,11	0,38	0,016	-	28000	0,0054	634-RS1
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	60000	0,0054	634-RZ
4	16	5	1,11	0,38	0,016	95000	60000	0,0054	634-Z
5	11	3	0,637	0,255	0,011	120000	75000	0,0012	618/5
5	11	4	0,637	0,255	0,011	120000	60000	0,0014	628/5-2Z

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

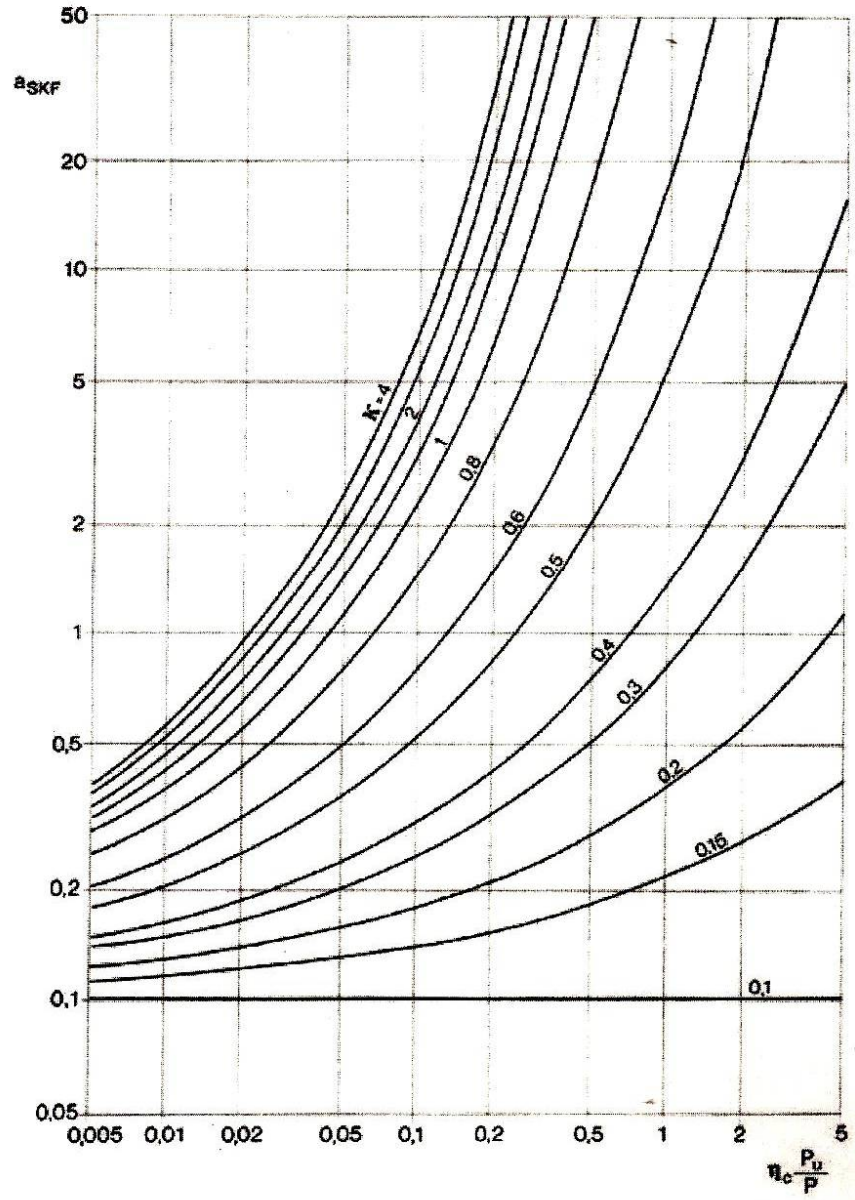
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

13:30

Ing. Carlos Barrera

Factor a_{SKF} para rodamientos radiales de bolas



LUBRICACIÓN

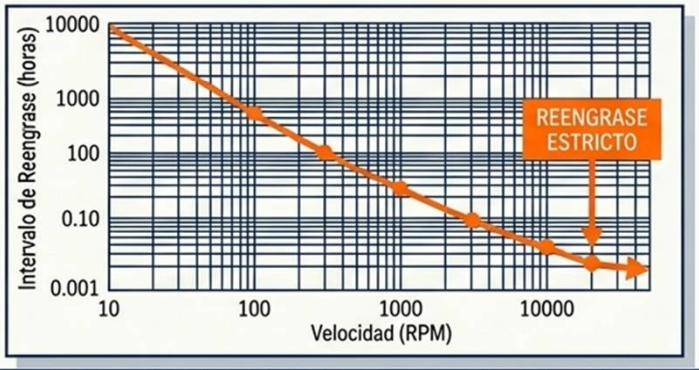
Los rodamientos pueden tener los siguientes tipos de lubricación:

- **Lubricación con grasa.**
  - **En baño de aceite**
- **Lubricación con aceite**
  - **Circulación forzada**

Estrategias de Lubricación

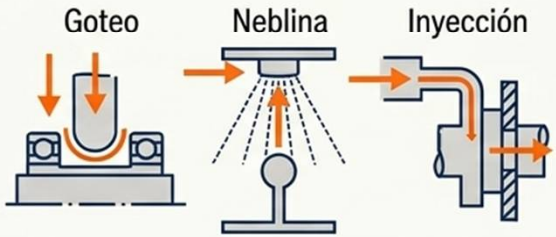
Grasa (90% de aplicaciones)

- Construcción mecánica sencilla, sin aparatos extra.
- Alta eficacia de obturación (retiene impurezas fuera de las pistas).
- Lubricación "For-Life" posible en condiciones operativas normales.
- Límite: Requiere reengrase periódico estricto a altas RPM o cargas severas.



Aceite

- Obligatorio para evacuar calor térmico a muy altas velocidades.
- Requerido si los elementos de máquina adyacentes (ej. engranajes) están lubricados con aceite.
- Tipos: Goteo / Neblina (para cantidades mínimas y bajo rozamiento) o Inyección a presión (gran volumen para refrigeración activa).

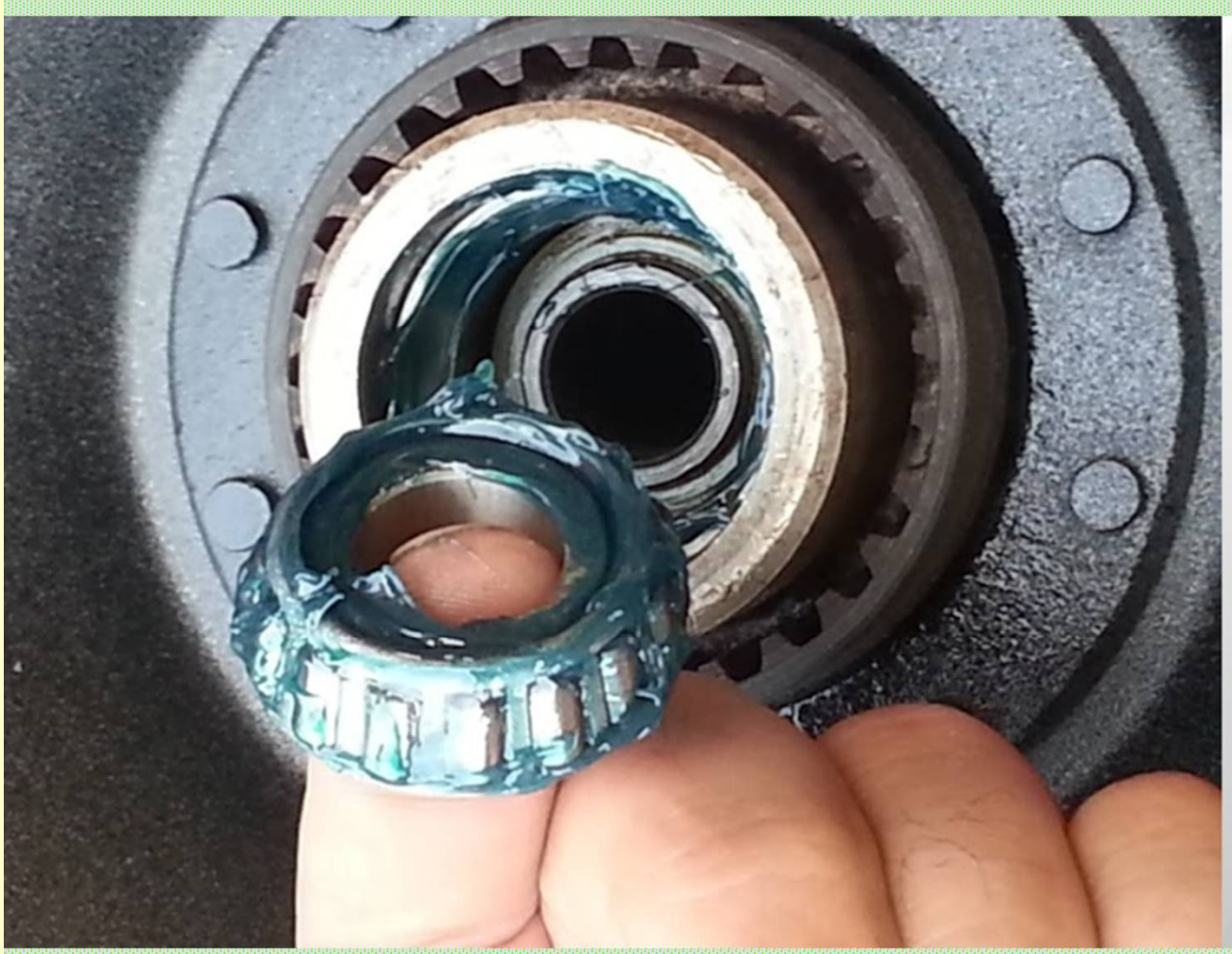


SKF
Gemini Notebook

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

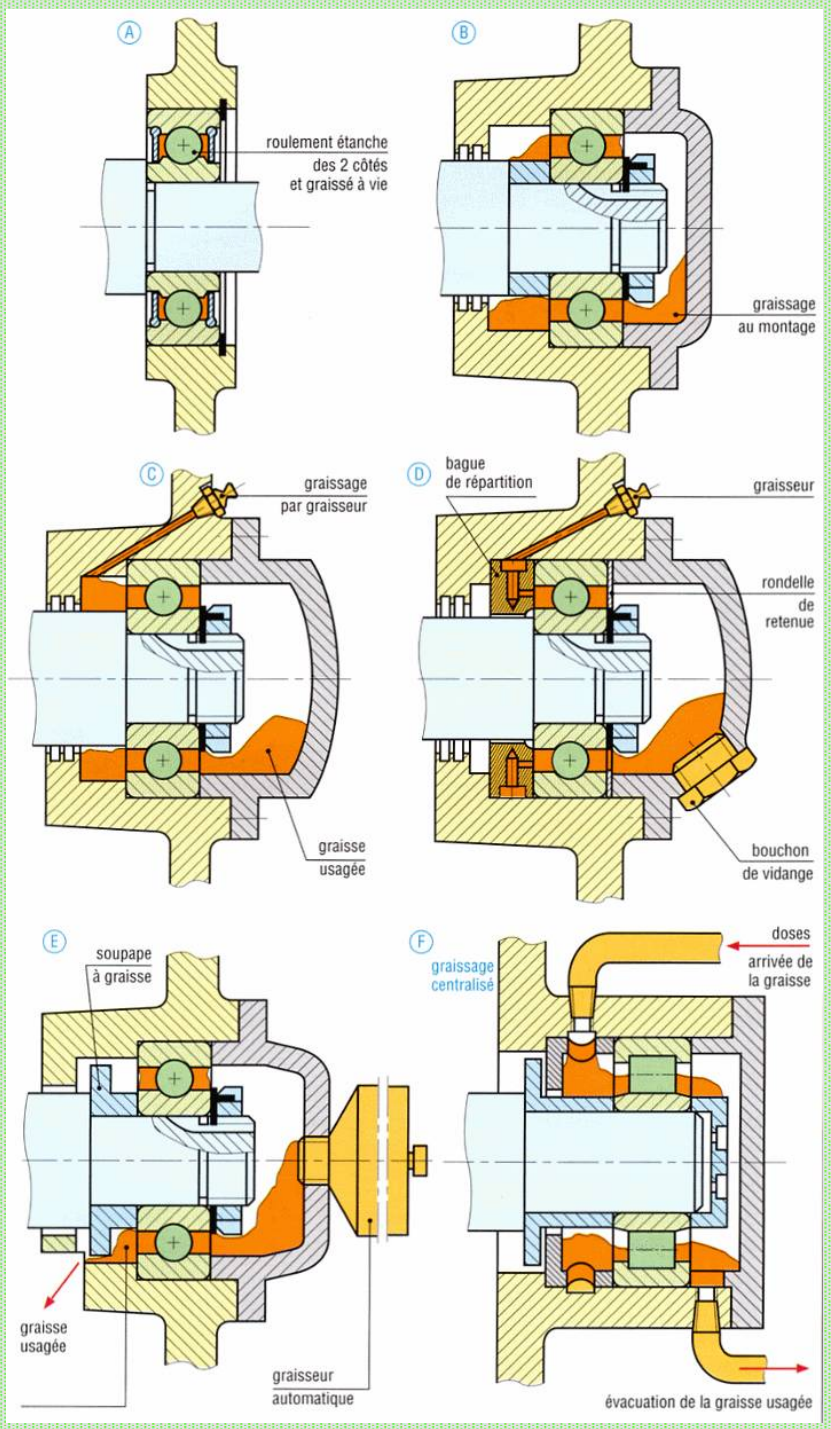
- La lubricación con grasa se usa en un 90 % de todas las aplicaciones de rodamientos.
- Las ventajas esenciales de una lubricación con grasa son: – construcciones muy sencillas; – mayor eficacia de la obturación debido a la grasa; – elevada duración de servicio mediante una lubricación sin mantenimiento y sin aparatos de lubricación; – apropiada para factores de velocidad n · dm de hasta 1,8 · 106 min–1 (n, número de revoluciones; dm, diámetro medio del rodamiento); – periodo más largo hasta el fallo en el caso de fallar la lubricación después de alcanzarse la duración de servicio de la grasa si los factores de velocidad son moderados; – par de rozamiento bajo. Bajo condiciones normales de servicio y de medio ambiente, la lubricación por grasa puede realizarse muchas veces como lubricación a vida (for-life). En el caso de elevadas solicitaciones (número de revoluciones, temperatura, carga) debe preverse una relubricación con periodos de reengrase adecuados. En el caso de tiempos de reengrase cortos hay que prever una bomba para inyección de la grasa, canales de alimentación de la grasa, eventualmente un disco regulador de la grasa y un recinto colector para la grasa usada.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

LUBRICACIÓN CON GRASA



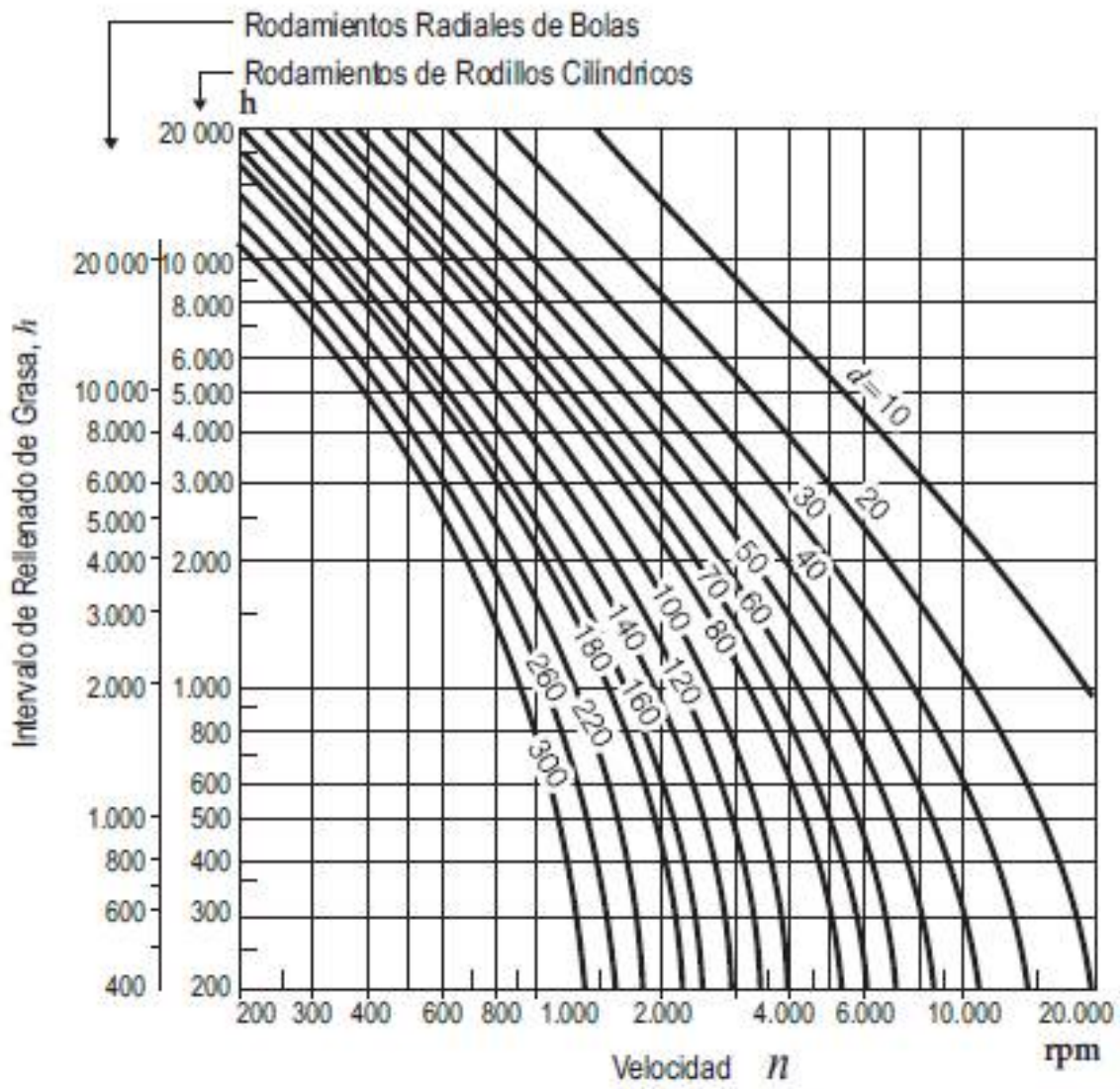
13:30

- Un sistema de lubricación con aceite resulta adecuado si los elementos de máquina próximos deben lubricarse con aceite o cuando sea necesario evacuar calor mediante el lubricante.
- La evacuación de calor puede ser necesaria en el caso de elevadas velocidades de giro, altas solicitaciones a carga o si la aplicación de rodamientos está sometida a calor desde afuera.
- En la lubricación con aceite por pequeñas cantidades (lubricación con cantidades mínimas), como p. e. lubricación por goteo, por neblina de aceite o por aceite y aire es posible dosificar la cantidad de aceite exactamente. Esto ofrece la ventaja de que el rozamiento del rodamiento puede mantenerse bajo.
- La lubricación por inyección de aceite con grandes cantidades facilita la alimentación precisa de todos los puntos de contacto en rodamientos altamente revolucionados y una buena refrigeración.

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



(1) Rodamientos Radiales de Bolas, Rodamientos de Rodillos Cilíndricos

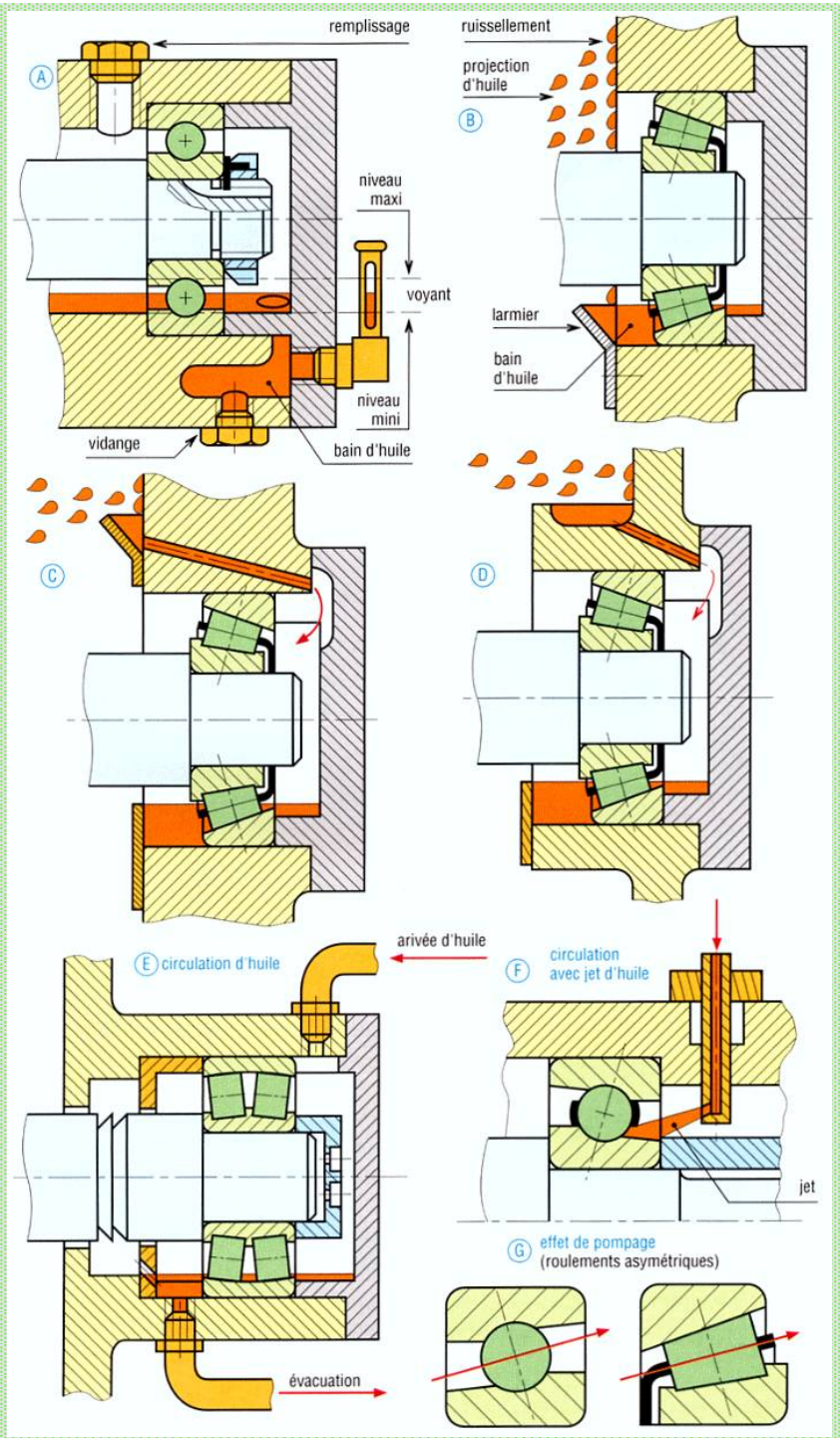
13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

LUBRICACIÓN CON ACEITE



13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

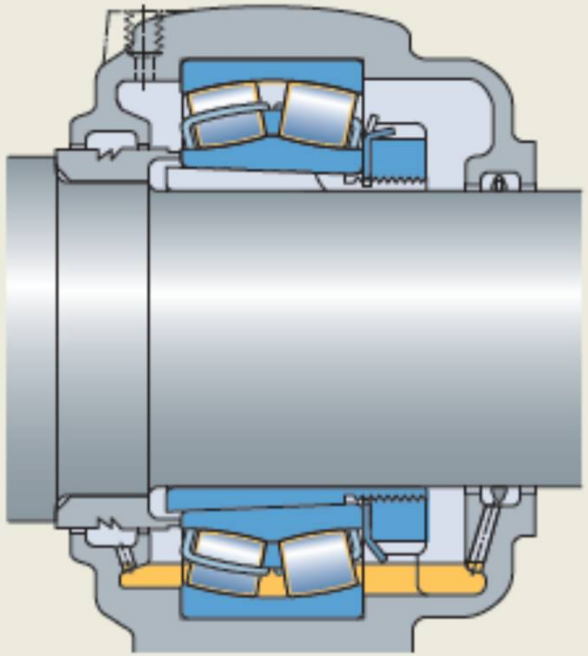
FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

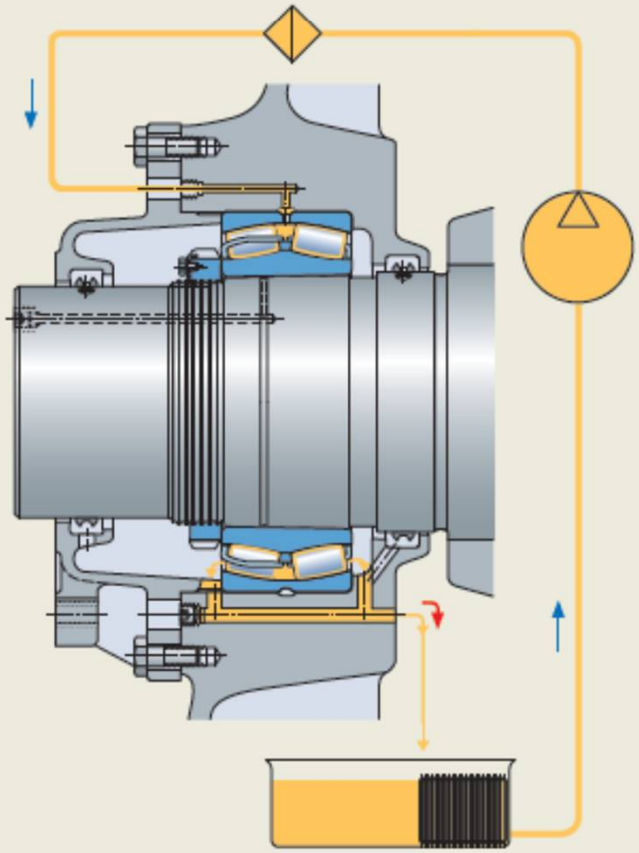
13:30

Ing. Carlos Barrera

Oil bath



Circulating oil

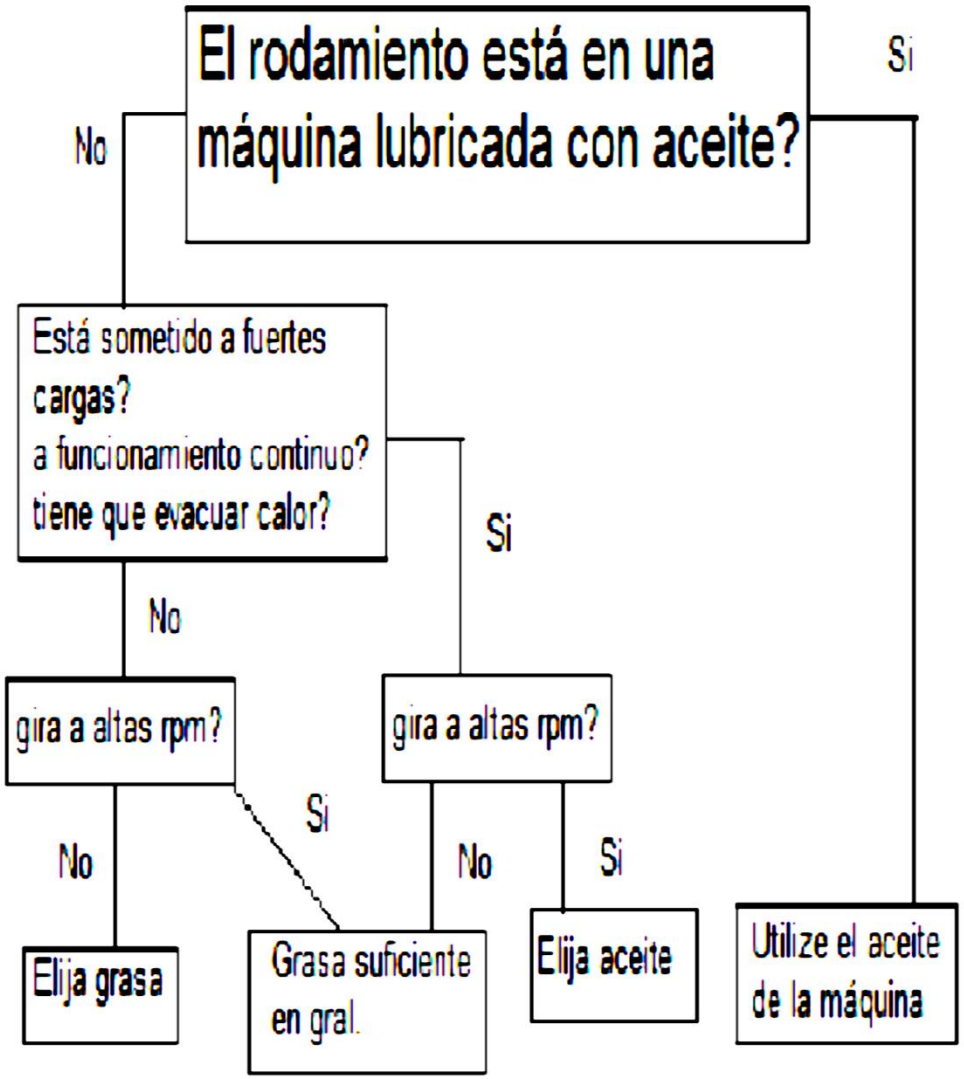


UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Elección de la lubricación



UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

VIDA NOMINAL REQUERIDA

Tabla 7: Guía de valores requeridos de vida nominal para diferentes clases de máquinas

Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico	300 ... 3. 000
Máquinas usadas intermitentemente o durante cortos períodos de tiempo: máquinas-herramientas eléctricas portátiles, equipos elevadores para talleres, maquinaria para la construcción	3. 000 ... 8 .000
Máquinas usadas intermitentemente o durante cortos períodos de tiempo cuando es necesaria una gran fiabilidad: ascensores, grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8. 000 ... 12. 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, pero no siempre utilizadas: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradores giratorios	10. 000 ... 25. 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizadas en todo momento: máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de imprenta, separadores y centrífugas	20. 000 ... 30. 000
Máquinas para trabajo continuo 24 horas al día: unidades de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40. 000 ... 50. 000
Maquinaria para la energía cólica, incluyendo los rodamientos del eje principal, de guiñada, de la caja de engranajes en ángulo, rodamientos del generador	30. 000 ... 100.000
Maquinaria para el abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos	60. 000 ... 100 .000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de trasatlánticos	> 100 .000

13:30

EJEMPLO DE CÁLCULOS DE RODAMIENTOS

Que duración nominal en horas de funcionamiento puede alcanzar un rodamiento rígido de bolas 6308, siendo la carga radial constante de 280 Kg y la velocidad 280 rpm?

La carga equivalente es P= 280 Kg

La capacidad de carga dinámica C es de 3200 Kg y la seguridad de carga C/P= 11,4 Entrando en la tabla seleccionamos la duración buscada.

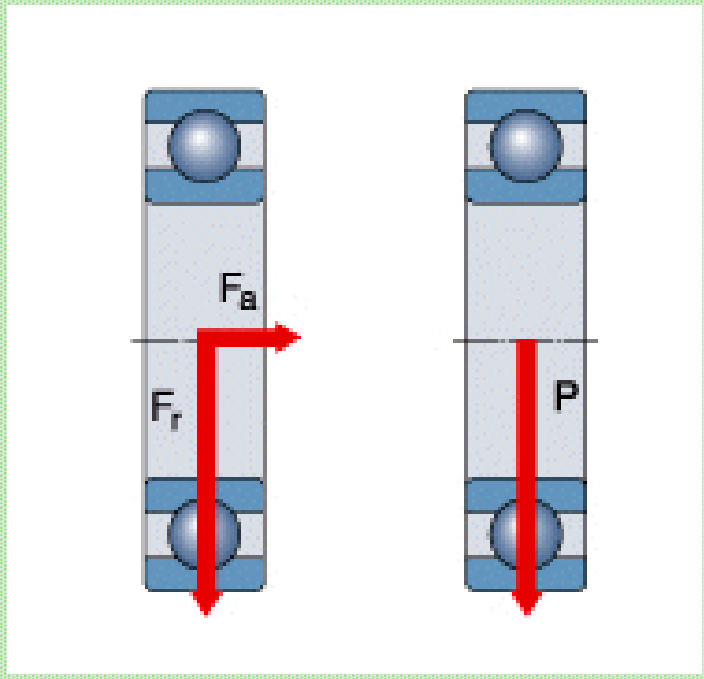


Tabla 3 Seguridad de carga $\frac{C}{P}$ para diferentes duraciones expresadas en horas de funcionamiento y para diferentes velocidades

RODAMIENTOS DE BOLAS

Duración en horas L_h	Revoluciones por minuto													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10 000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12 500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
16 000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20 000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25 000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32 000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40 000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50 000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63 000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80 000	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100 000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200 000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

TIPOS DE SOPORTES



Fuente: Schaeffler Gruppe

a) Soporte de apoyo



Fuente: Schaeffler Gruppe

b) Soporte brida



Fuente
Gruppe

c) Soporte tensor

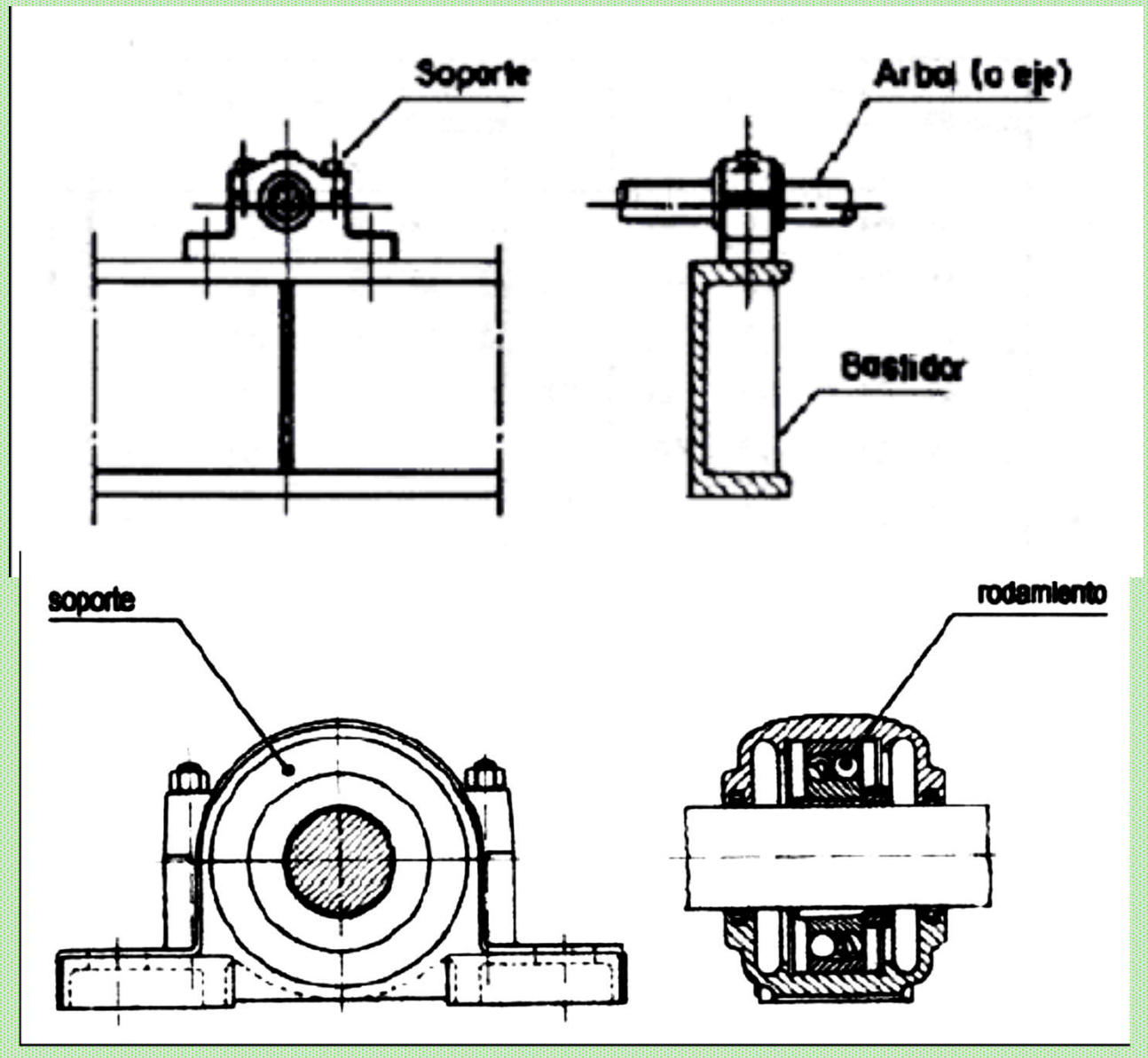
13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

MONTAJE DEL RODAMIENTO



Manipuleo de Rodamientos

- Conservar limpio el rodamiento y el ambiente que lo rodea, para lo cual se espera hasta el último momento para extraerlo de su caja que lo contiene.
- El rodamiento está tratado térmicamente para alcanzar unos determinados niveles de dureza. Se puede considerar frágil ante impactos o fuerzas excesivas realizadas durante montajes o desmontajes poco cuidadosos.
- No calentar los rodamientos a temperaturas superiores a 120º C ya que podría llegar a reducirse su dureza y por lo tanto acortar su vida.

Montaje de Rodamientos

- 1. Elegir un lugar limpio
- 2. Revisar el árbol, alojamiento y radios (dimensiones, acabado y formas geométricas).
- 3. Verificar las dimensiones del eje y alojamiento.
- 4. Usar herramientas de montaje adecuadas que no tengan desgaste
- 5. Limpiar el árbol, alojamiento y radios.
- 6. Tener cuidado al tocar las superficies rectificadas del rodamiento para impedir posibles rastros de óxido.
- 7. Al montar los anillos interior y exterior por separado, aplicar la fuerza también a cada uno por separado evitando montar, por ejemplo, el aro exterior golpeando el aro interior montado.
- 8. Evitar impactos. ¡No golpear con MARTILLO directamente al rodamiento!

Montaje, Sustitución y Manipulación

Reglas de Oro Innegociables para el Taller

PROCEDIMIENTOS APROBADOS

- Conservar la pieza limpia en su caja original hasta el momento exacto del montaje.
- Comprobar dimensiones, acabados y tolerancias de ejes y alojamientos previamente.
- Aplicar la fuerza de montaje exclusivamente al anillo con apriete de interferencia. Nunca transmitir fuerza a través de los cuerpos rodantes.

PRÁCTICAS PROHIBIDAS

- **¡NUNCA GOLPEAR EL RODAMIENTO CON UN MARTILLO DIRECTAMENTE!**
- **Montaje en caliente:** Prohibido calentar la pieza por encima de 120°C (reduce permanentemente la dureza del acero y destruye la vida útil estructural).

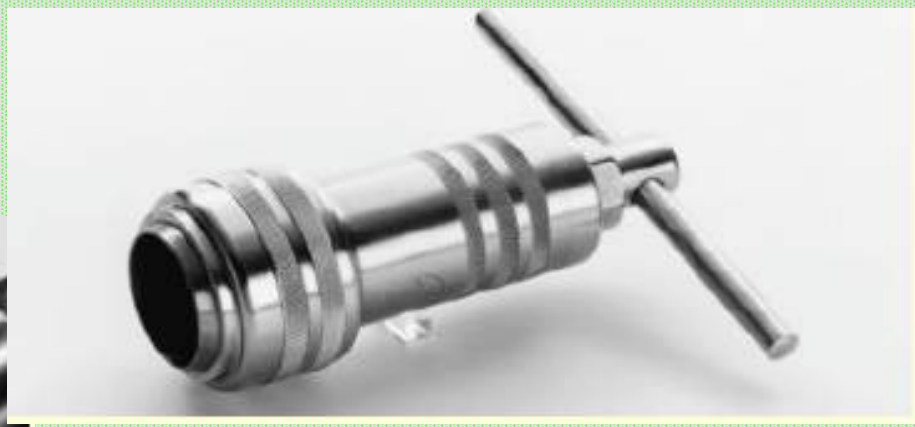
Gemini Notebook

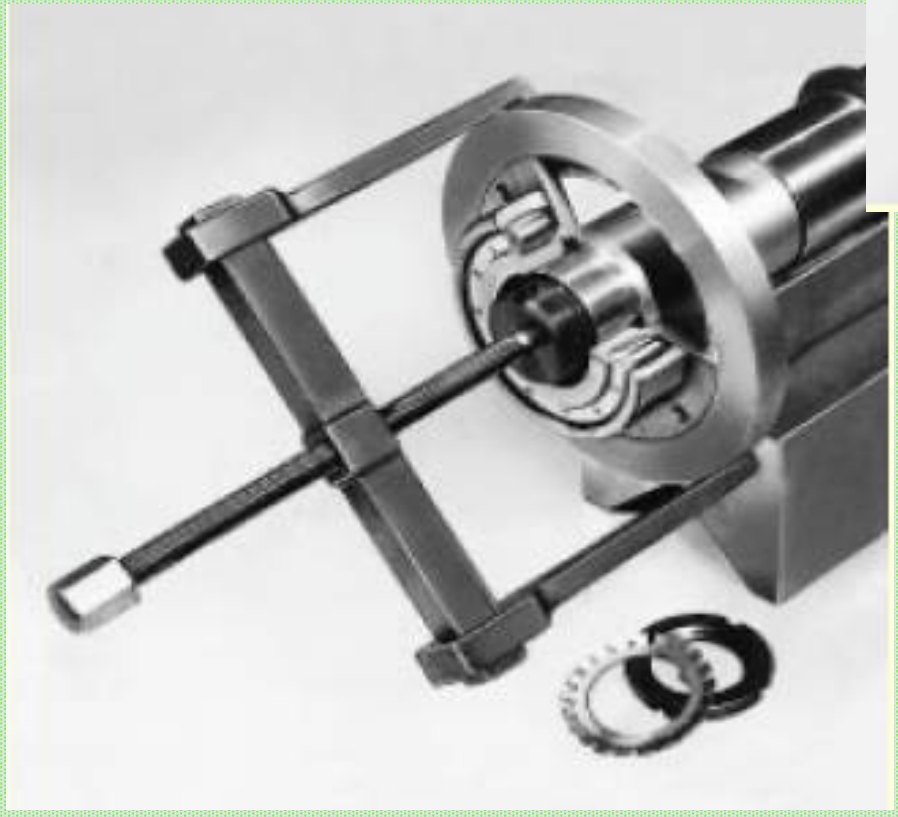
UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

MONTAJE O SUSTITUCIÓN







13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



Montaje en caliente

13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS





13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS

(1) Desconchado: Condición en la que las pistas de rodadura y las superficies están descascarilladas.



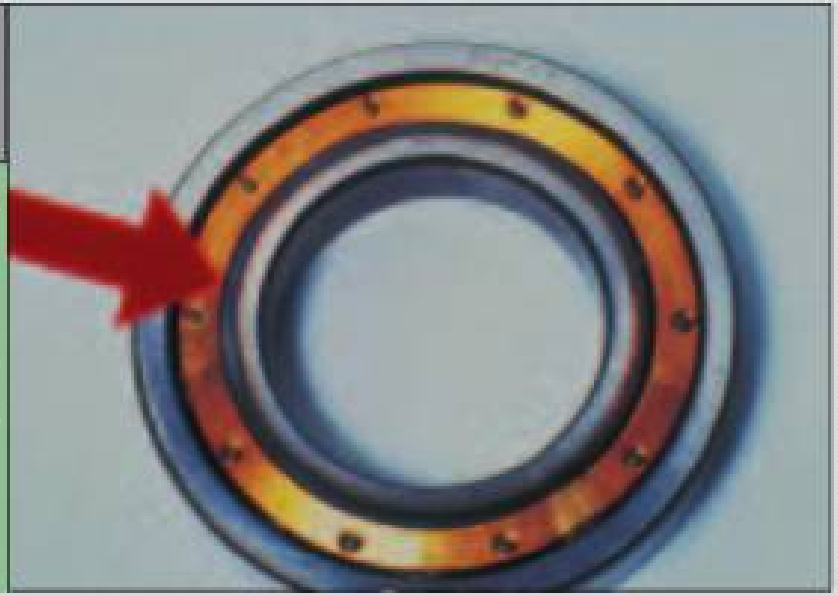
◆ **Causas principales**

- Carga axial anormal y carga excesiva
- Inclinación del rodamiento
- Problemas con la precisión del eje y la carcasa
- Óxido, rascaduras por golpes, rascaduras por inserción
- Lubricación inapropiada

◆ **Medidas preventivas principales**

- El rodamiento del lado libre deberá poder moverse
- Alinee el centro axial del eje y la carcasa
- Corrija la configuración del eje y la carcasa
- Prevención del óxido cuando el equipo esté parado durante mucho tiempo. Precauciones de manejo y montaje
- Cambios en el lubricante, cantidad, y método de lubricación

(2) Agarrotamiento: Condición en la que, debido al calor, la pistas de rodadura, la brida, y el elemento de rodamiento cambian de color y desarrollan depósitos y ablandamiento.



◆ **Causas principales**

- Juego interno excesivamente pequeña durante la operación
- Operación que sobrepasa la frecuencia de rotación permitida
- Propiedades y cantidad de lubricante inapropiadas
- Carga axial anormal y contacto en un lado

◆ **Medidas preventivas principales**

- Cambio del juego interno
- Rotación de ahormado precoz, examen de la configuración del rodamiento
- Cambio de lubricante, cantidad, o método de lubricación
- Reconsideración de las condiciones de carga y corrección del montaje.

13:30

(3) Rotura: Rotura de los aros interior y exterior, elemento de rodamiento, o jaula.

◆ Causas principales

- Interferencia excesiva
- Redondez excesiva del eje y las esquinas de la carcasa
- Golpe durante el manejo o el montaje
- Carga de impacto grande durante la operación
- Juego interno excesiva durante la operación
- Vibración y carga momentánea

◆ Medidas preventivas principales

- Cambio de interferencia, corrección de la configuración del adaptador
- Corrección a un valor más pequeño que las dimensiones de biselado del rodamiento
- Manejo y montaje correctos
- Reconsideración de las condiciones de carga
- Examen del juego precoz (para evitar el juego de las bolas y los rodillos)
- Corrección del error de montaje. Cambio del tipo de rodamiento



(4) Indentación por presión: Condición con pequeños dientes en las pistas de rodadura, bridas, y elementos de rodamiento debido a daños por golpes o la amoladura de suciedad.



◆ **Causas principales**
- Golpe durante el manejo o el montaje
- Entrada y amoladura de materias extrañas
- Carga grande cuando se paran las operaciones

◆ **Medidas preventivas principales**
- Manejo y montaje correctos
- Mejora del dispositivo de sellado. Cambio en la limpieza de las piezas
- Reconsideración de las condiciones de carga

(5) Corrosión por frotamiento: Condición en la que se desarrollan dientes en la superficie de las pistas de rodadura de los anillos de rodadura interior y exterior a distancia del elemento de rodamiento. Esta palabra también se utiliza al referirse a la corrosión acastañada que ocurre en las superficies de contacto entre el eje y el aro interior, y entre la carcasa y el aro exterior.



◆ **Causas principales**
- Vibración mientras las operaciones están paradas o durante el transporte
- Movimiento de oscilación con amplitud pequeña

◆ **Medidas preventivas principales**
- Prevención de la vibración
- Fijación temporal de los rodamientos durante el transporteCambio del aceite lubricante, etc

(7) Deterioro por frotamiento: Acumulación de quemaduras diminutas como piel rugosa que ocurre en las pistas de rodadura, las bridas, y los elementos de rodamiento cuando desaparece la película de aceite.

◆ **Causas principales**

- Lo mismo que para mascadura

◆ **Medidas preventivas principales**

- Corrección del error de montaje, reconsideración de las condiciones de carga
- Cambio de lubricante, cantidad, y método de lubricación
- Cambio del juego de operación donde el elemento de rodamiento no se desvíe



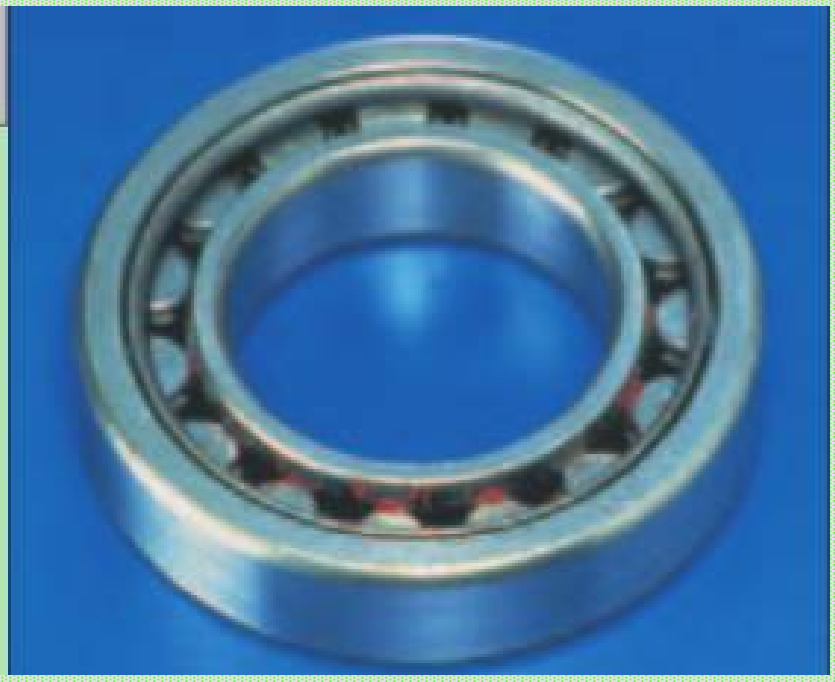
(9) Oxidación, corrosión: Condición en la que ocurre oxidación y corrosión

Causas principales

- Lugar de almacenamiento inapropiado de los rodamientos y dispositivos
- Agente de limpieza inapropiado o insuficiente protección contra la oxidación
- Entrada de gases corrosivos, líquidos, o agua
- Manejo con las manos desnudas
- Generación de gas corrosivo a partir del lubricante

Medidas preventivas principales

- Elección de un lugar con fluctuación mínima de temperatura
- Cambio del agente de limpieza. Protección contra la oxidación
- Mejora del dispositivo de sellado
- Manejo correcto
- Cambio de lubricante



UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

Ing. Carlos Barrera

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

UNCUYO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cátedra:
ELEMENTOS DE MÁQUINAS



13:30

Bibliografía

- http://www.skf.com/portal/skf_ar/home?lang=es
- Diseño en Ingeniería Mecánica. J. Shigley C. Mischke. Mc Graw Hill IV Edición.
- Diseño de Elementos de Máquinas. R. Mott. IV Edición. Pearson