



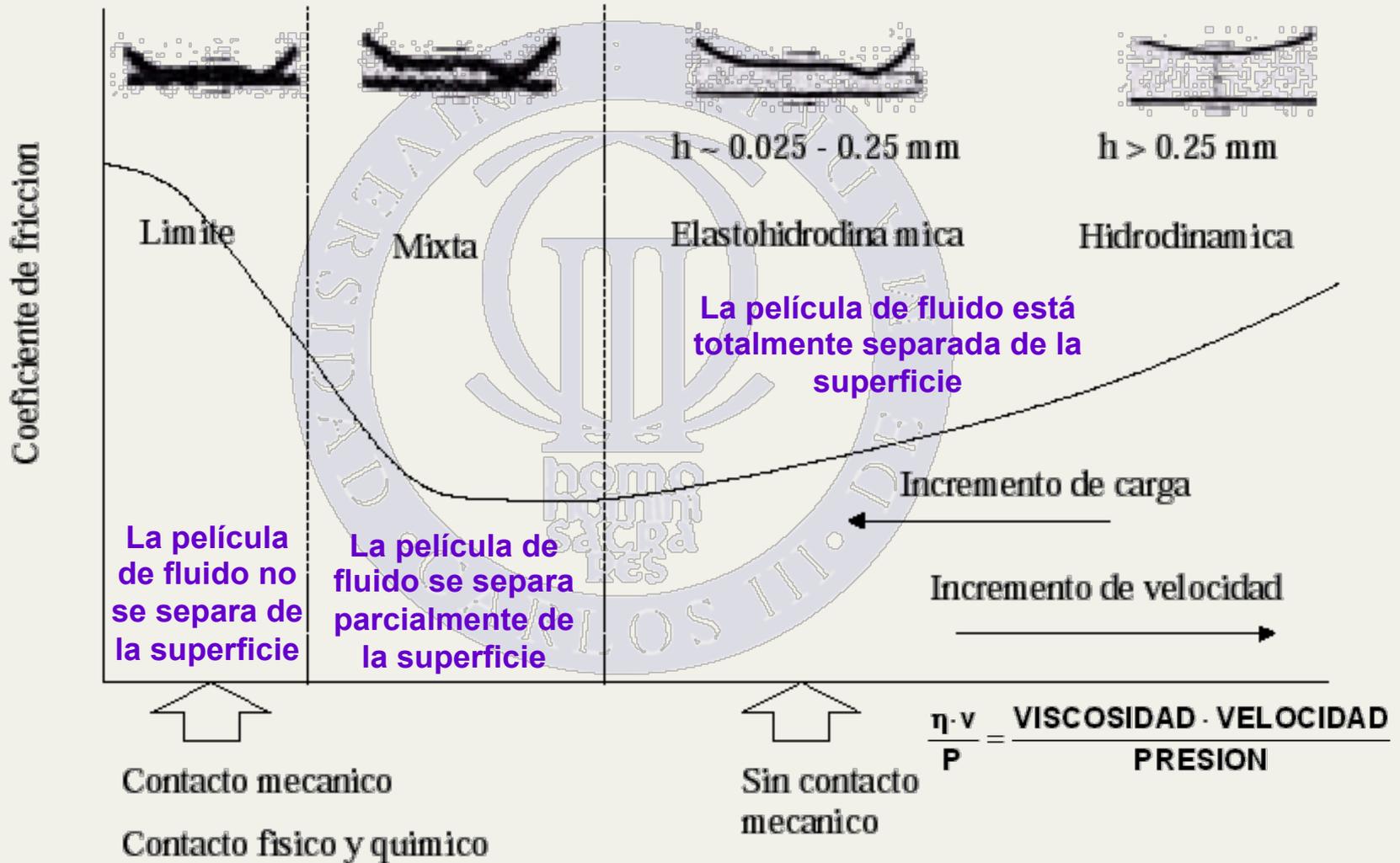
# **DISEÑO MECÁNICO**

# **RODAMIENTOS**

- INTRODUCCIÓN A LA LUBRICACIÓN
- LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS
  - LUBRICACIÓN CON GRASA
  - LUBRICACIÓN CON ACEITE
- EL SISTEMA DE ESTANQUEIDAD



# LUBRICACIÓN



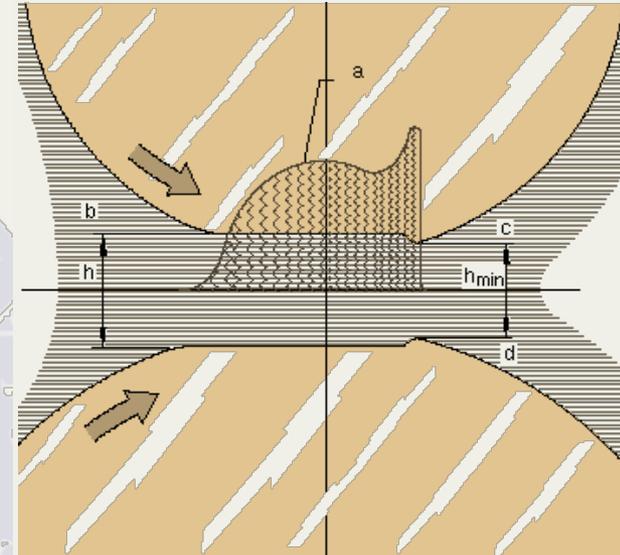
# LUBRICACIÓN ELASTOHIDRODINÁMICA (EHD)

## COMPATIBILIZA:

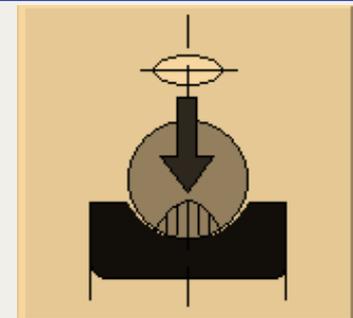
- ❑ La ecuación diferencial de la lubricación hidrodinámica de Reynolds.
- ❑ La ecuación de deformación elástica bajo carga de Hertz.
- ❑ La ecuación que relaciona la viscosidad con la presión.

## CARACTERÍSTICAS:

- ❑ Estrechamiento de la capa de lubricante a la salida ( $\approx 25\%$ ).
- ❑ La curva de presión es parecida a la de un contacto hertziano seco con un pico de presión a la salida.



Distribución de presiones según la teoría EHD



Distribución de presiones según la teoría de Hertz

# FACTORES A CONSIDERAR PARA SELECCIONAR EL LUBRICANTE

- El principal parámetro a considerar para seleccionar un lubricante adecuado es **la viscosidad** pero esta se ve condicionada por otros factores como:

- **El tamaño del rodamiento.**

↑ CARGA → ↑ TAMAÑO → ↑ VISCOSIDAD

- **La velocidad de giro.**

↑  $n$  → ↑ PÉRDIDAS POR ROZAMIENTO → ↓ VISCOSIDAD

- **La temperatura operativa.**

↑ TEMPERATURA → ↓ VISCOSIDAD → ↑ VISCOSIDAD INICIAL

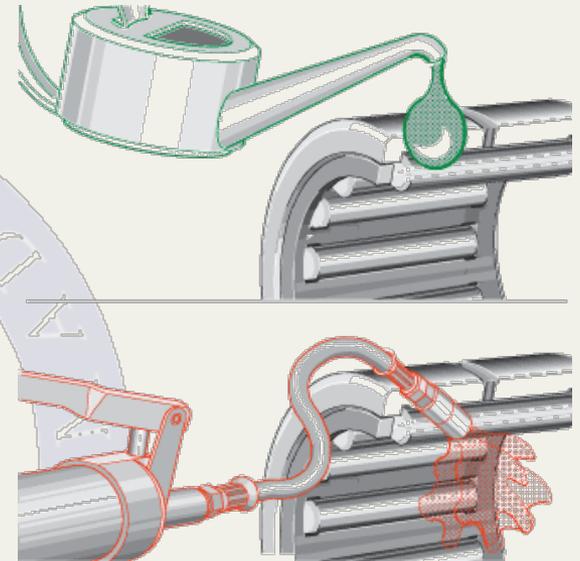
- **Tipo de rodamiento.**

TIPO DE RODAMIENTO relacionado con  $\nu$

- **Condiciones de montaje, espacio disponible, ...**
- **Aspectos ambientales: humedad, suciedad, ...**

# LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS

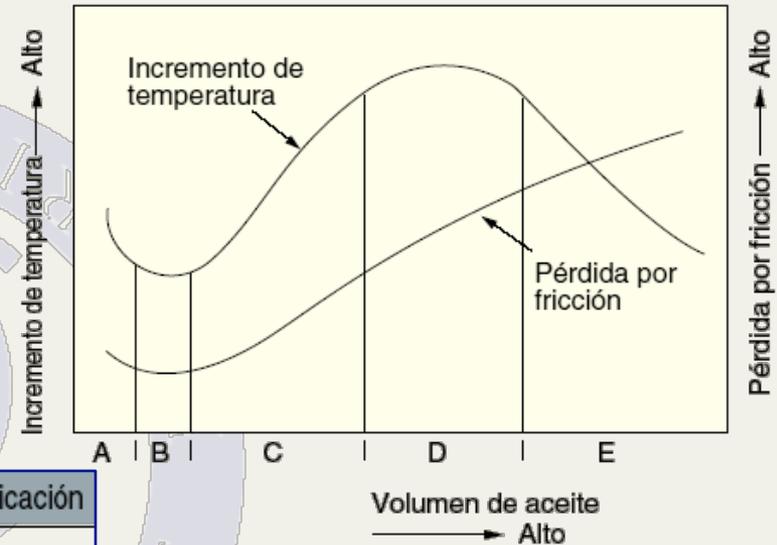
- ❑ Se pueden lubricar con aceite o grasa.
- ❑ Motivos para la lubricación:
  - ❑ Reducir la fricción y el desgaste.
  - ❑ Asegurar la lubricación elastohidrodinámica.
  - ❑ Proteger las pistas y los elementos rodantes de los residuos causados por la humedad, la suciedad, etc.
  - ❑ Previene de la oxidación y de la corrosión.
  - ❑ Eliminar el calor producido en el rodamiento por la fricción.
  - ❑ Amortiguar el ruido de funcionamiento.
  - ❑ Evacuación de los residuos generados.



	Método	Lubricación con grasa	Lubricación con aceite
Característica			
Manejo		◎	△
Confiabilidad		○	◎
Efecto de enfriamiento		×	○ (Circulación necesaria)
Estructura de sellado		○	△
Pérdida de potencia		○	○
Contaminación Ambiental		○	△
Alta velocidad de rotación		×	○
◎ : Excelente ○ : Bueno △ : Regular × : Malo			

# LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS

- Relación entre el volumen de aceite, las pérdidas por fricción y la temperatura del rodamiento.



Rango	Características	Método de lubricación
A	Cuando el volumen de aceite es extremadamente bajo ocurre contacto metálico directo entre los elementos rodantes y las pistas. Se presenta abrasión y atascamiento del rodamiento.	
B	Una delgada capa de aceite se crea sobre todas las superficies, la fricción es mínima y la temperatura del rodamiento es baja.	Lubricación con grasa, niebla de aceite y mezcla aire aceite
C	Debido a que el volumen de aceite se incrementa, el calor generado se balancea con el enfriamiento.	Lubricación por circulación
D	Independientemente del volumen de aceite la temperatura se incrementa a una rata constante.	Lubricación por circulación
E	Debido a que el volumen de aceite se incrementa, predomina el enfriamiento y la temperatura del rodamiento disminuye.	Lubricación por circulación forzada o por chorro de aceite



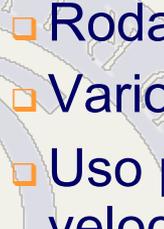
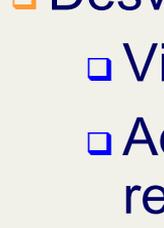
# LUBRICACIÓN CON GRASA O ACEITE

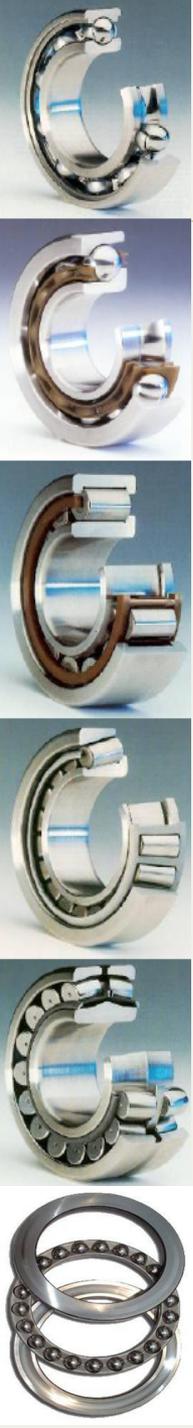


## LUBRICACIÓN CON GRASA

- 
- 
- 
- 
- ❑ Rodamiento sellado y lubricado.
  - ❑ Uso a temperatura moderada y velocidad de giro baja o media.
  - ❑ Ventajas:
    - ❑ Buen funcionamiento con cargas elevadas.
    - ❑ Larga duración.
  - ❑ Desventajas:
    - ❑ No evacua el calor.
    - ❑ Mal comportamiento con suciedad o humedad.
    - ❑ Mala distribución del lubricante.

## LUBRICACIÓN CON ACEITE

- 
- 
- 
- 
- ❑ Rodamiento no sellado.
  - ❑ Varios métodos de lubricación.
  - ❑ Uso para altas sollicitaciones de velocidad y temperatura.
  - ❑ Ventajas:
    - ❑ Buena refrigeración.
    - ❑ Buena distribución del lubricante.
    - ❑ Permite evacuar la suciedad.
  - ❑ Desventajas:
    - ❑ Vida útil más corta.
    - ❑ Admite cargas más reducidas.



# FACTORES PARA LA SELECCIÓN DE GRASAS

Las grasas para lubricar rodamientos tienen como aceite base aceites minerales o sintéticos, espesados con jabones metálicos y mejoran sus propiedades con otros aditivos.

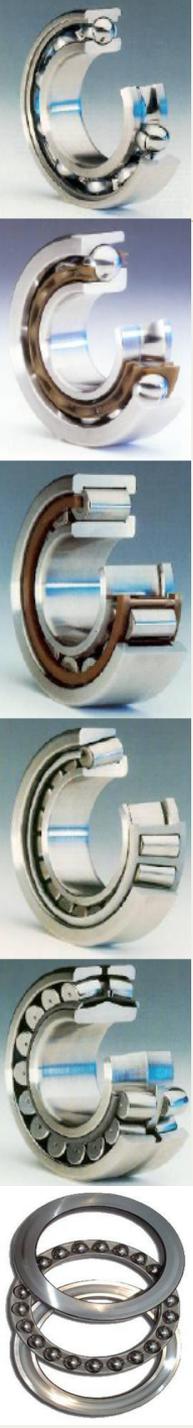
- ❑ **Viscosidad del aceite de base.** Varía entre 15 y 500 mm<sup>2</sup>/s a 40°C.
- ❑ **Consistencia.** No debe cambiar excesivamente.
- ❑ **Campo de temperaturas.** Oscila desde -30 y +140°C.
- ❑ **Propiedades anticorrosivas.**
- ❑ **Comportamiento ante la presencia de agua.** Debe ser lo más resistente posible a ser arrastrado por el agua.
- ❑ **Capacidad de carga.** Capaz de aguantar una elevada capacidad de carga.
- ❑ **Miscibilidad.** Debe poderse mezclar con otras grasas, pensando en la relubricación.

# ESTÁNDARES PARA LA SELECCIÓN DE GRASAS LUBRICANTES

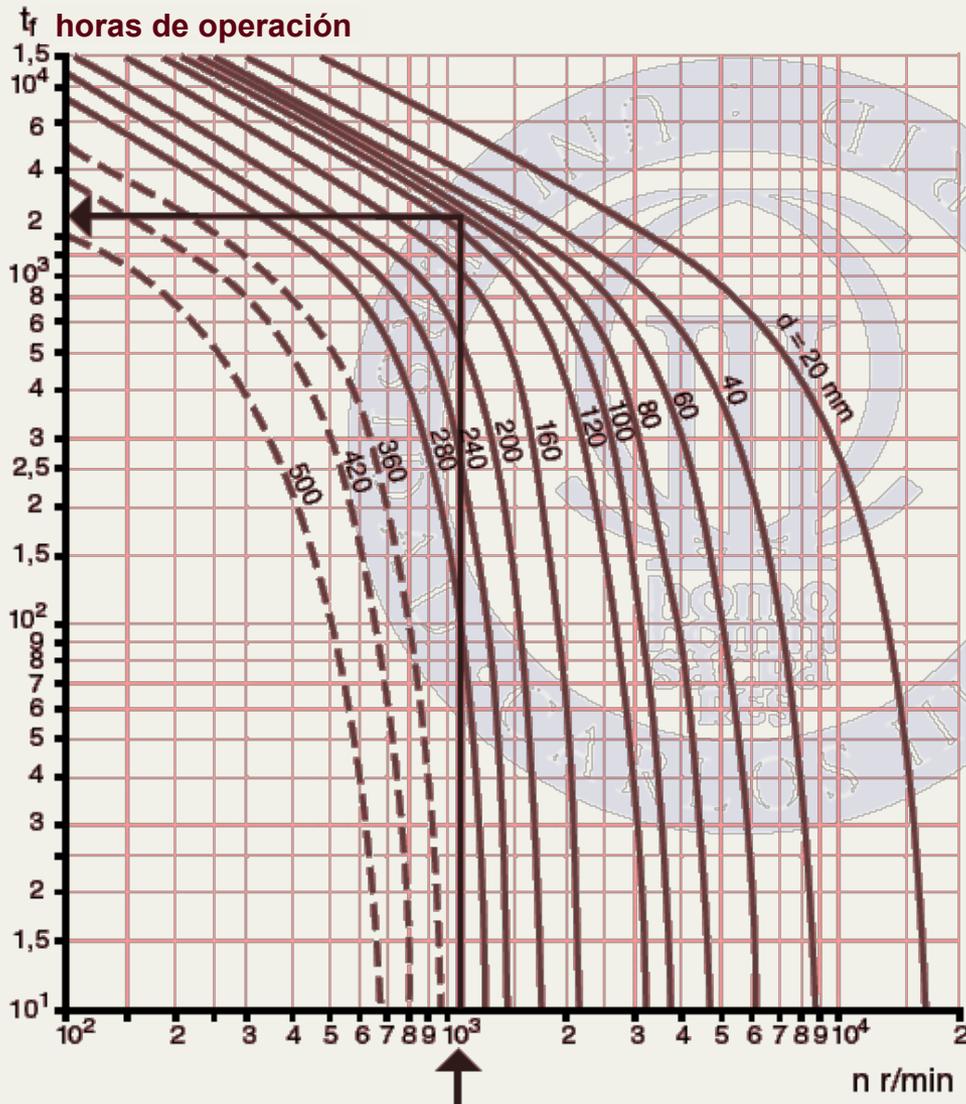
Nombre de la grasa	Grasa de litio			Grasa de sodio (grasa de fibra)	Grasa con base compuesta de calcio
Espesante	Jabón de Li			Jabón de Na	Jabón de Ca+Na Jabón de Ca+Li
Aceite base	Aceite mineral	Aceite diester	Aceite de silicona	Aceite mineral	Aceite mineral
Punto de goteo °C	170 ~ 190	170 ~ 190	200 ~ 250	150 ~ 180	150 ~ 180
Rango de temperatura de operación °C	-30 ~ +130	-50 ~ +130	-50 ~ +160	-20 ~ +130	-20 ~ +120
Estabilidad mecánica	Excelente	Buena	Buena	Excelente~buena	Excelente~buena
Resistencia a la presión	Buena	Buena	Pobre	Buena	Excelente~buena
Resistencia al agua	Buena	Buena	Buena	Buena~pobre	Buena~pobre
Aplicaciones	El más amplio rango de aplicaciones.  Grasa empleada en todos los tipos de rodamientos.	Excelentes propiedades para baja temperatura y contra el desgaste.  Adecuada para rodamientos pequeños y miniatura.	Adecuada para aplicaciones en altas y bajas temperaturas.  No es apropiada para trabajar con cargas pesadas por la baja resistencia de la película de aceite.	Se presenta algo de emulsificación cuando se introduce agua.  Excelentes características a temperaturas relativamente altas.	Excelente resistencia a la presión y estabilidad mecánica.  Adecuada para rodamientos que reciben cargas de impacto.

# ESTÁNDARES PARA LA SELECCIÓN DE GRASAS LUBRICANTES

Nombre de la grasa	Grasas de aluminio	Grasas con bases no jabonosas	
Espesante	Jabón de Al	Bentona, gel de sílice, urea, carbón negro, compuestos de fluor, etc.	
Aceite base	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite sintético
Punto de goteo °C	70 ~ 90	250 o más	250 o más
Rango de temperatura de operación °C	-10 ~ +80	-10 ~ +130	-50 ~ +200
Estabilidad mecánica	Buena n pobre	Buena	Buena
Resistencia a la presión	Buena	Buena	Buena
Resistencia al agua	Buena	Buena	Buena
Aplicaciones	Excelente adhesión	Puede utilizarse en un amplio rango de bajas y altas temperaturas. Muestra excelente resistencia al calor, resistencia al frío, resistencia química y otras características cuando se combina con un aceite base y un espesante adecuados.	
	Adecuada para rodamientos que reciben vibraciones	Grasa utilizada en todos los tipos de rodamientos.	

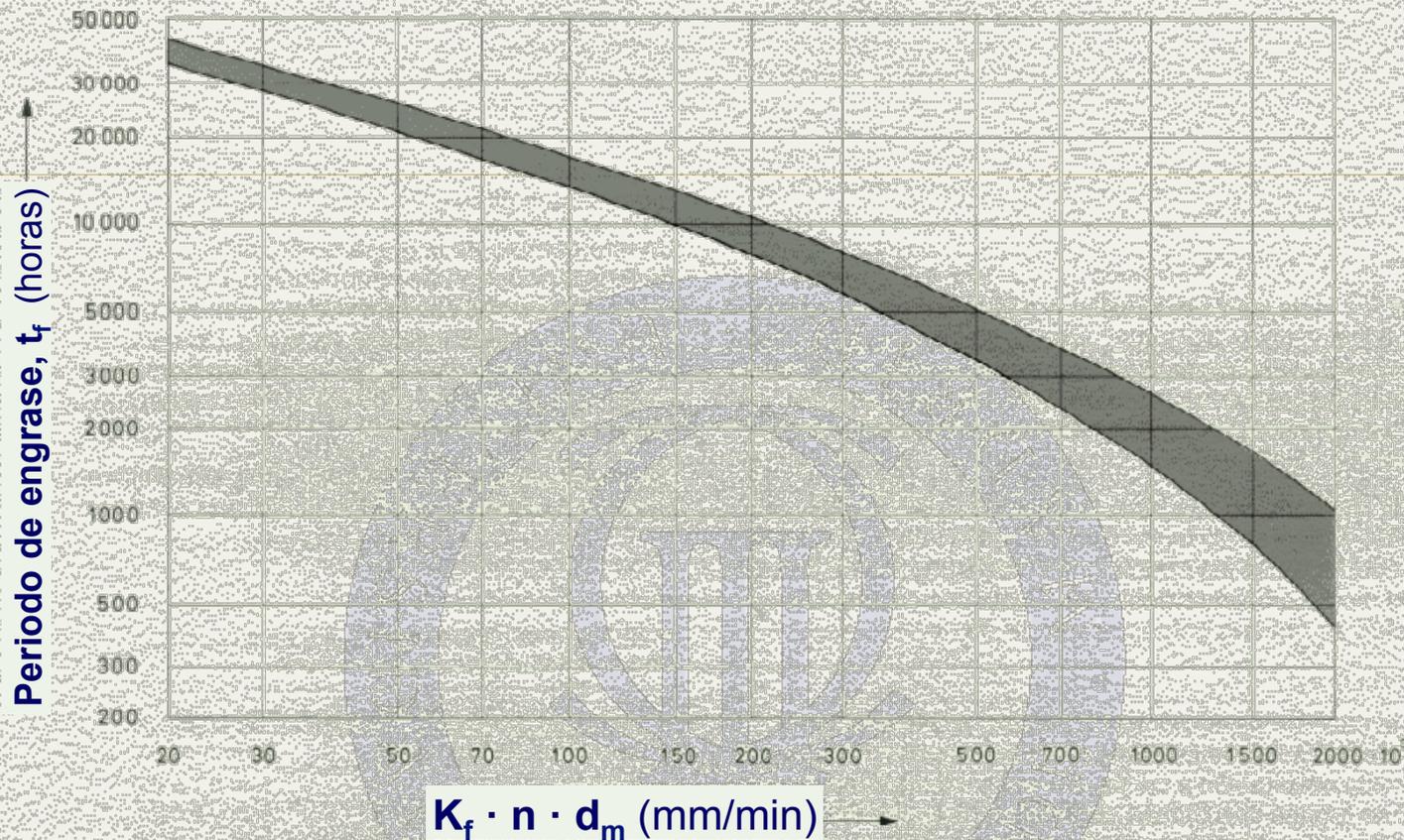


# INTERVALOS DE RELUBRICACIÓN



## Factores que influyen:

- ❑ El tipo de rodamiento.
  - ❑ Axiales de bolas =  $0,2 \cdot t_f$
  - ❑ Radiales de bolas =  $5 \cdot t_f$
  - ❑ Radiales de rodillos cilíndricos =  $4 \cdot t_f$
  - ❑ Rodillos cónicos =  $0,2 \cdot t_f$
  - ❑ Rodillos esféricos =  $0,2 \cdot t_f$
  - ❑ Axiales de rodillos cilíndricos =  $0,3 \cdot t_f$
- ❑ El tamaño.
- ❑ La velocidad de giro.
- ❑ La temperatura operativa.
- ❑ El tipo de grasa.
- ❑ El espacio disponible.
- ❑ La suciedad ambiental.



## INTERVALOS DE RELUBRICACIÓN

Tipo de rodamiento	$k_f$	Tipo de rodamiento	$k_f$
Rodamientos rígidos de bolas	de una hilera 0,9 de dos hileras 1,1	Rodamientos de rodillos cilíndricos	de una hilera 1,8 de dos hileras 2,3
Rodamientos de bolas de contacto angular	de una hilera 1,6 de dos hileras 2	Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos	90
Rodamientos para husillos	$\alpha = 15^\circ$ 0,75 $\alpha = 25^\circ$ 0,9	Rodamientos de agujas	3,5
Rodamientos con cuatro caminos de rodadura	1,6	Rodamientos de rodillos cónicos	4
Rodamientos oscilantes de bolas	1,3	Rodamientos oscilantes con una hilera de rodillos	10
Rodamientos axiales e bolas	5	Rodamientos oscilantes de rodillos sin reborde («E»)	7
Rodamientos axiales de bolas de contacto angular de dos hileras	1,4	Rodamientos oscilantes de rodillos con reborde central	9

# INTERVALOS DE RELUBRICACIÓN

Influencia por polvo y humedad en las superficies funcionales del rodamiento

reducida  $f_1 = 0,7$  a  $0,9$   
 fuerte  $f_1 = 0,4$  a  $0,7$   
 muy fuerte  $f_1 = 0,1$  a  $0,4$

Influencia por sollicitación a carga por golpes, vibraciones y oscilaciones

reducida  $f_2 = 0,7$  a  $0,9$   
 fuerte  $f_2 = 0,4$  a  $0,7$   
 muy fuerte  $f_2 = 0,1$  a  $0,4$

Influencia por elevadas temperaturas

reducida (hasta  $75^\circ\text{C}$ )  $f_3 = 0,7$  a  $0,9$   
 fuerte (de  $75$  a  $85^\circ\text{C}$ )  $f_3 = 0,4$  a  $0,7$   
 muy fuerte (de  $85$  a  $120^\circ\text{C}$ )  $f_3 = 0,1$  a  $0,4$

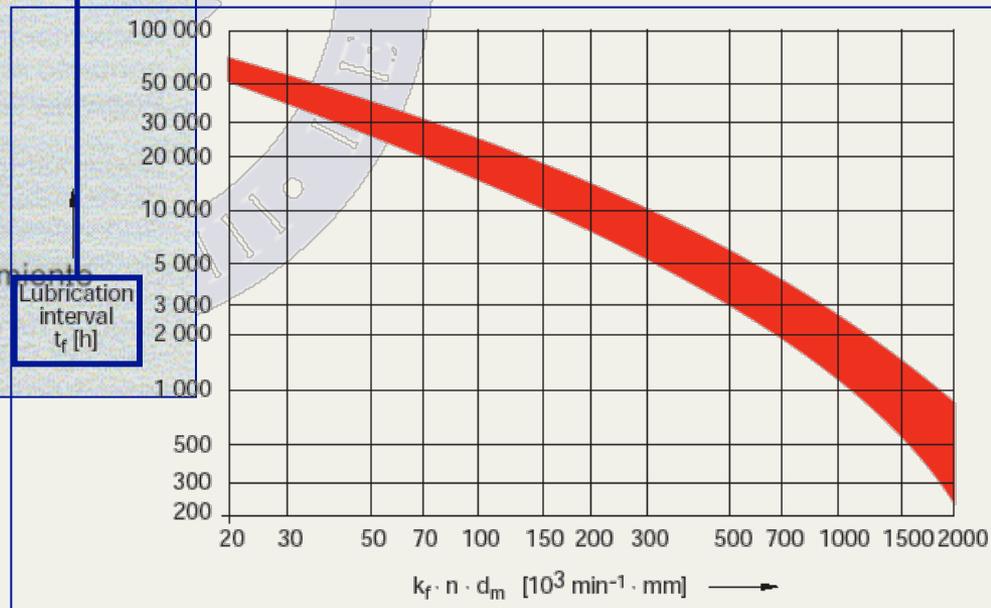
Influencia por elevada sollicitación a carga

$P/C = 0,1$  a  $0,15$   $f_4 = 0,7$  a  $1,0$   
 $P/C = 0,15$  a  $0,25$   $f_4 = 0,4$  a  $0,7$   
 $P/C = 0,25$  a  $0,35$   $f_4 = 0,1$  a  $0,4$

Influencia por corriente de aire a través del rodamiento

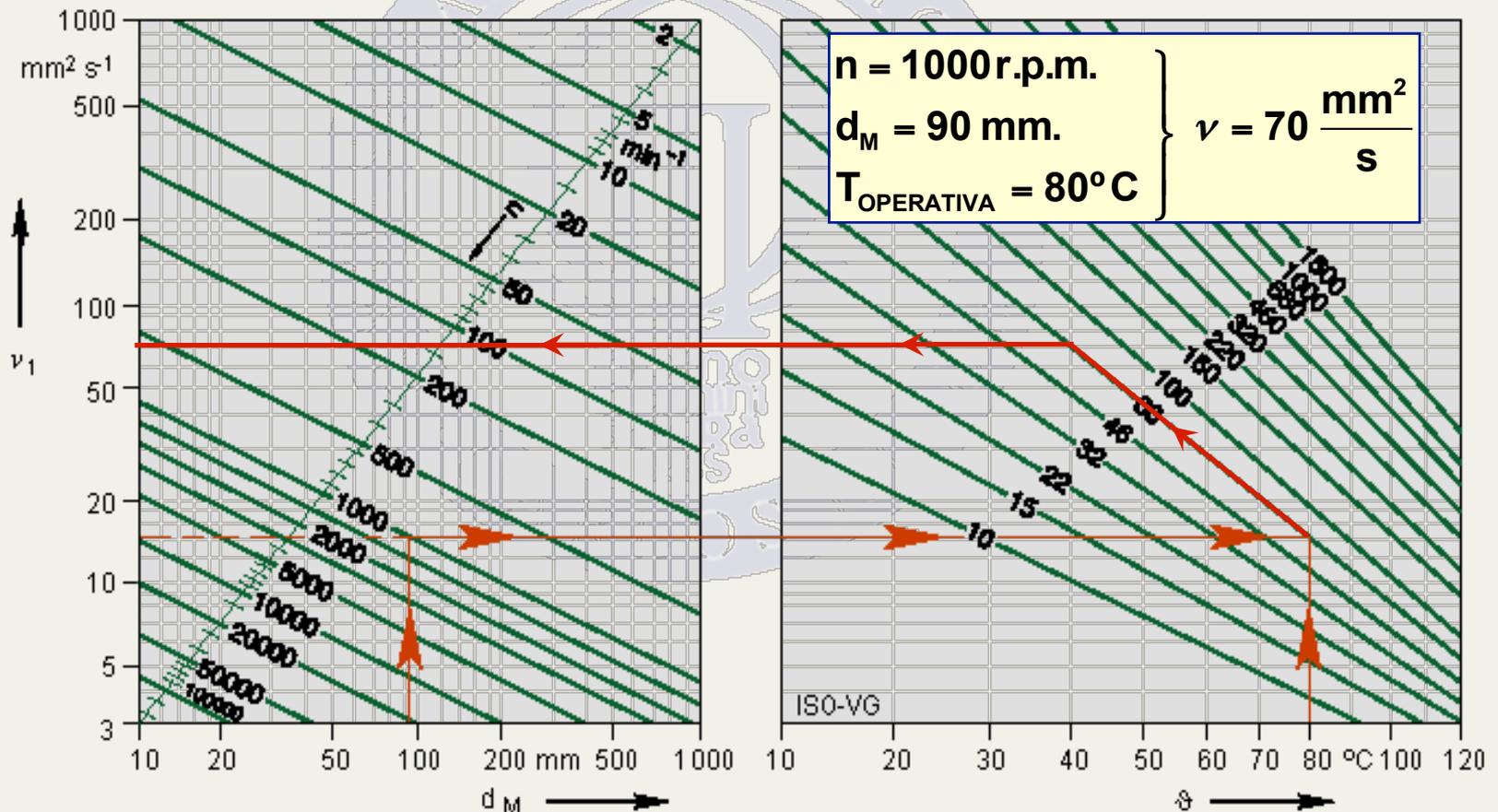
corriente débil  $f_5 = 0,5$  a  $0,7$   
 corriente fuerte  $f_5 = 0,1$  a  $0,5$

$$t_{fq} = t_f \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot t_3 \cdot t_4 \cdot t_5$$

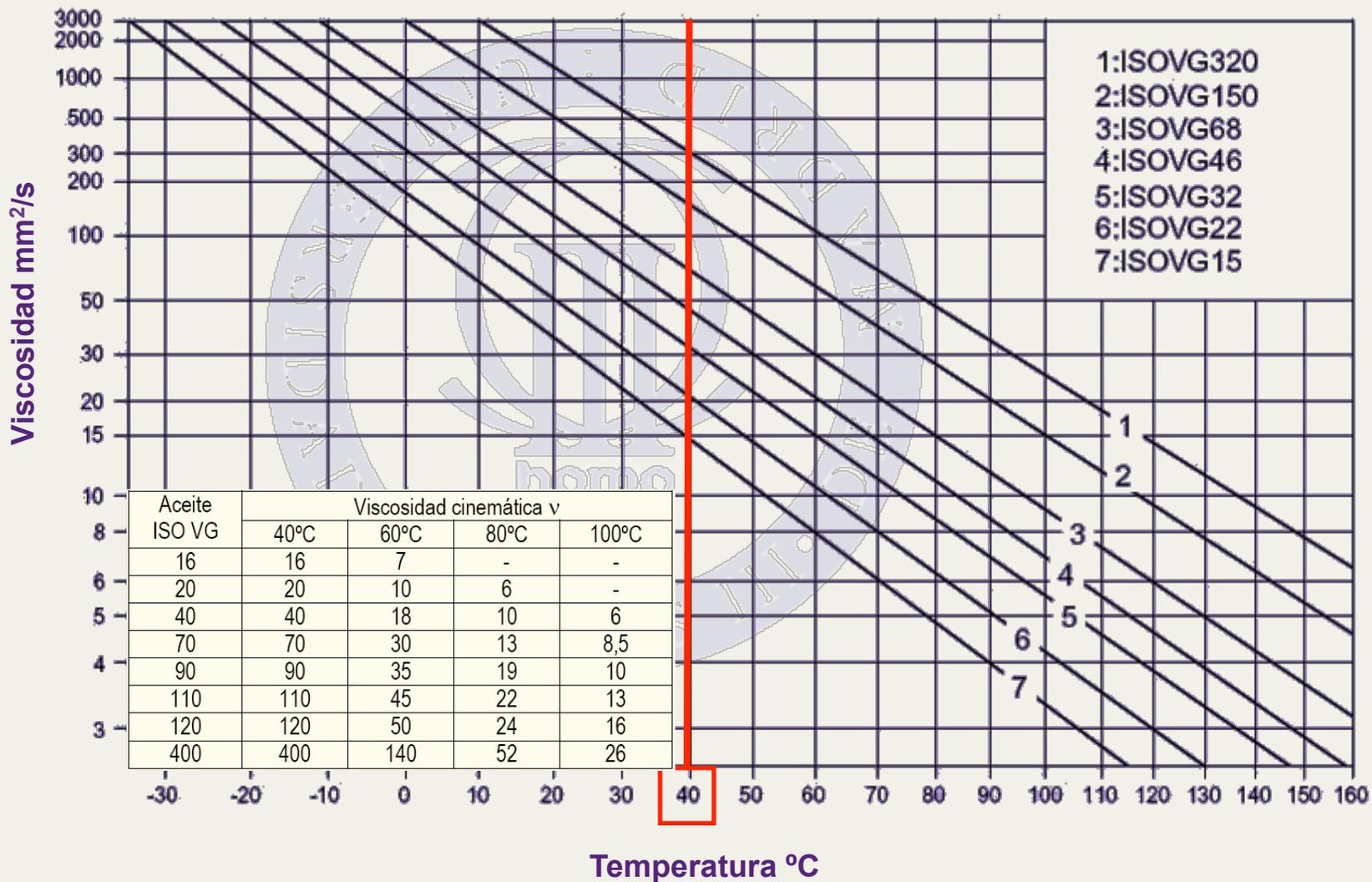
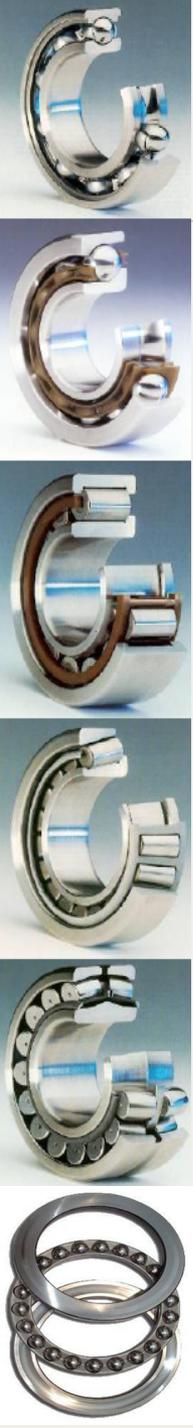


# SELECCIÓN DE ACEITES

- La selección de aceites para rodamientos se basa en la correcta elección de la viscosidad para unas condiciones operativas dadas.



# RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA



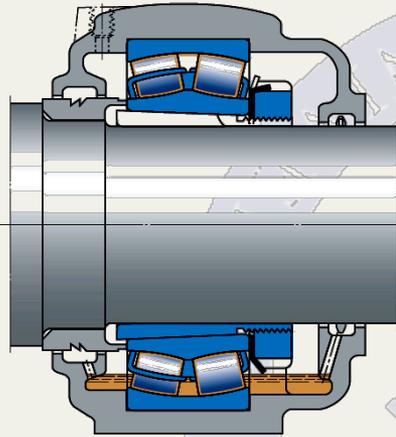
# ESTÁNDARES PARA LA SELECCIÓN DE ACEITES LUBRICANTES



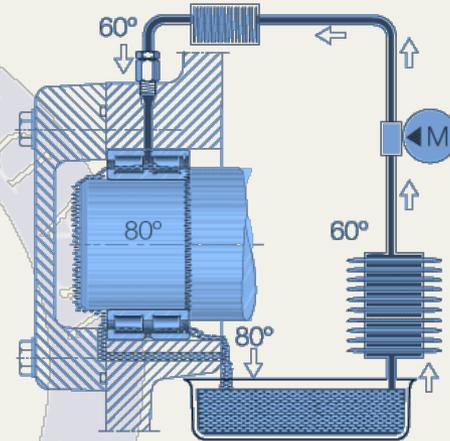
Temperatura de operación del rodamiento °C	valor $d_n$	Grado de viscosidad ISO del aceite lubricante (VG)		Rodamiento apropiado
		Carga normal	Carga pesada o carga de impacto	
-30~ 0	Hasta la velocidad de rotación permitida	22, 32	46	Todos los tipos
0~ 60	Up to 15,000	46, 68	100	Todos los tipos
	15,000 ~80,000	32, 46	68	Todos los tipos
	80,000 ~150,000	22, 32	32	Todos los tipos de rodamientos axiales de bolas
	150,000~500,000	10	22, 32	Rodamientos radiales de una hilera de bolas, de rodillos cilíndricos
60~100	Up to 15,000	150	220	Todos los tipos
	15,000 ~80,000	100	150	Todos los tipos
	80,000 ~150,000	68	100, 150	Todos los tipos de rodamientos axiales de bolas
	150,000~500,000	32	68	Rodamientos radiales de una hilera de bolas, de rodillos cilíndricos
100 ~150	Hasta la velocidad de rotación permitida	320		Todos los tipos
0~ 60	Hasta la velocidad de rotación permitida	46, 68		Rodamientos auto-alineables de rodillos
60~100	Hasta la velocidad de rotación permitida	150		

# MÉTODOS DE LUBRICACIÓN CON ACEITE

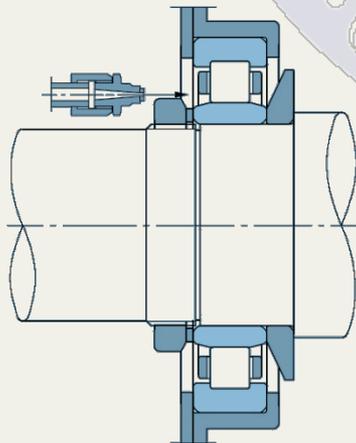
BAÑO DE ACEITE



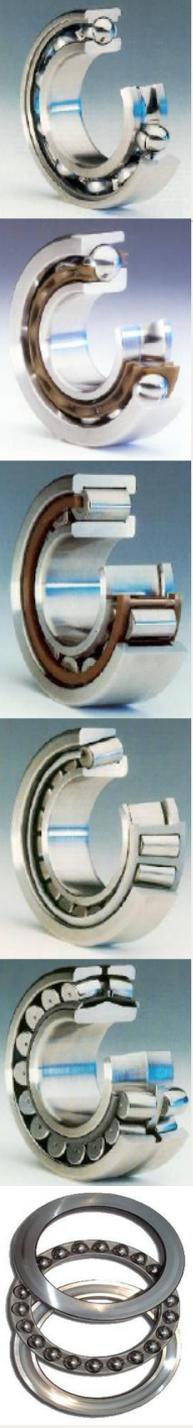
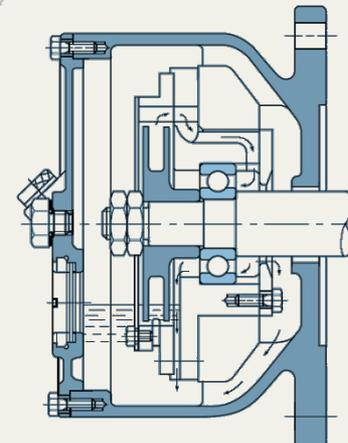
CIRCULACIÓN DE ACEITE



INYECCIÓN DE ACEITE

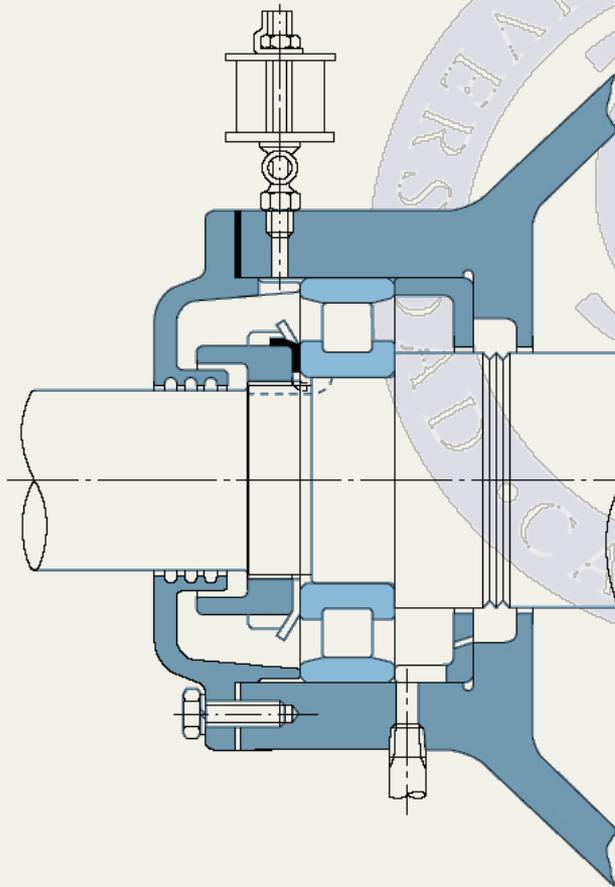


DISCO

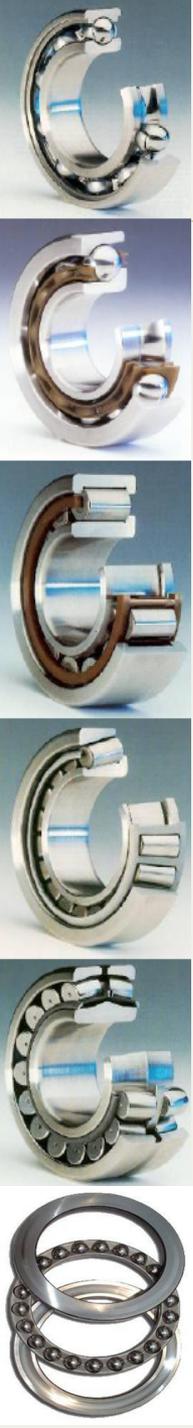
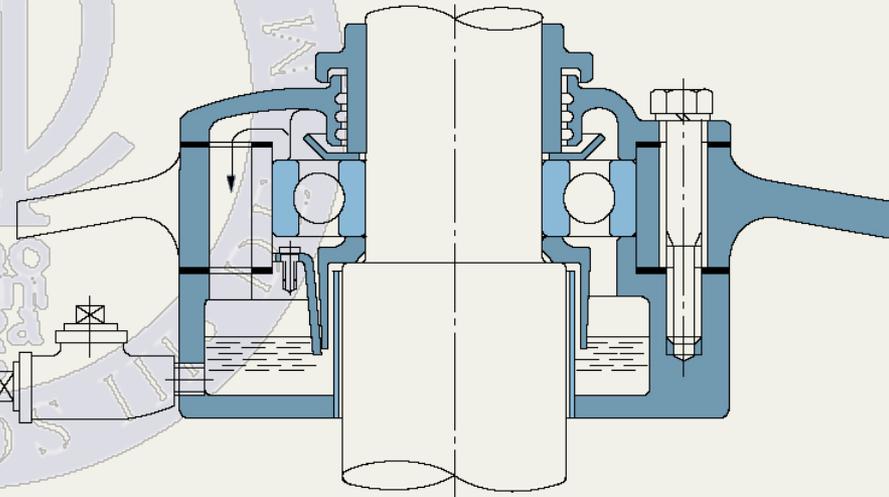


# MÉTODOS DE LUBRICACIÓN CON ACEITE

## L. POR GOTEO

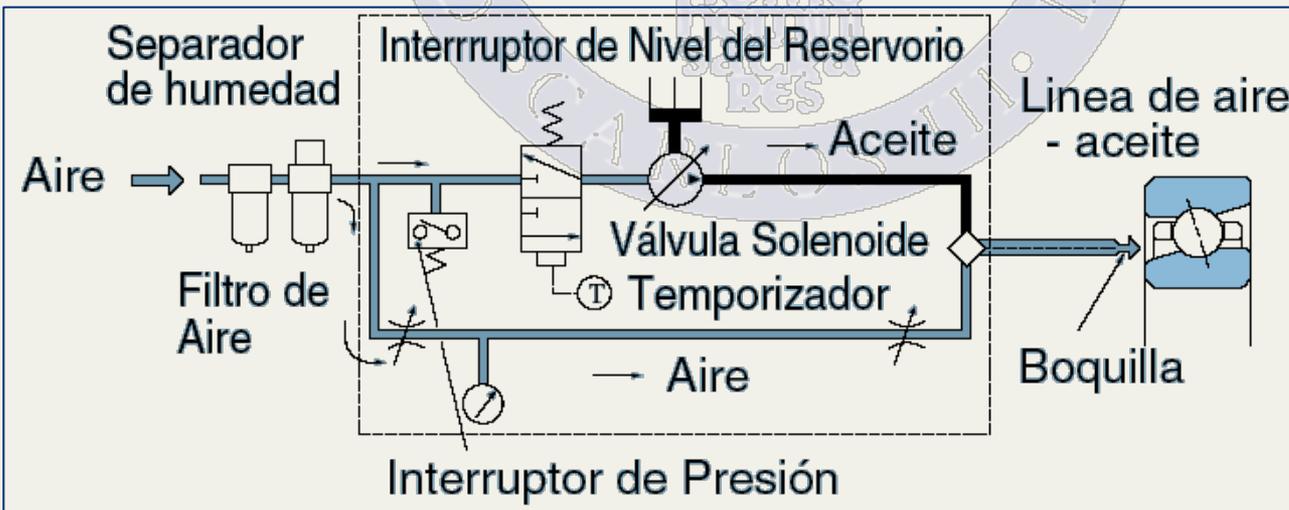
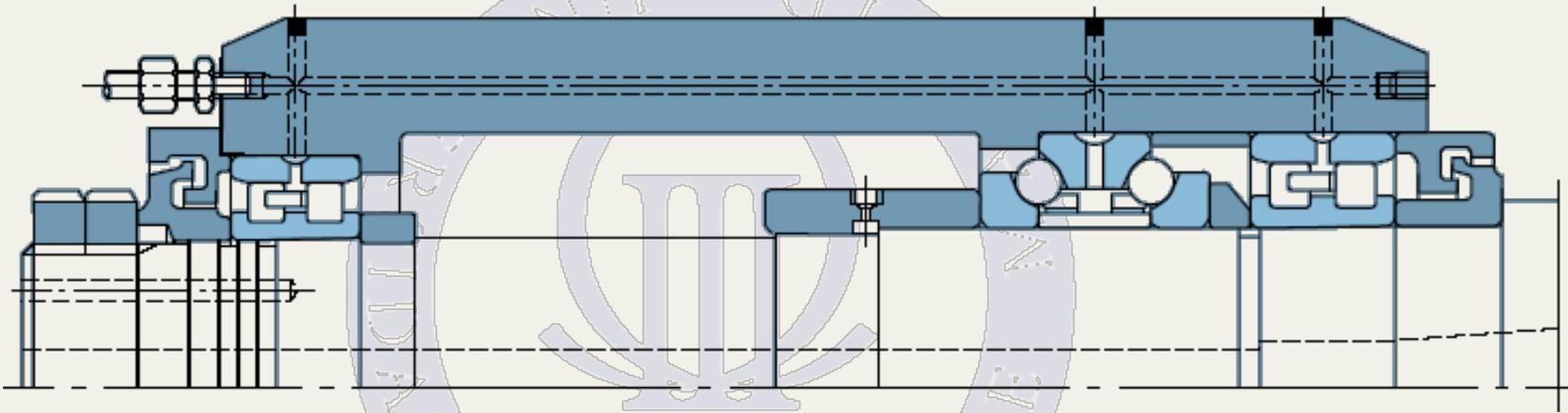


## L. POR SALPICADURA



# MÉTODOS DE LUBRICACIÓN CON ACEITE

## NIEBLA DE ACEITE

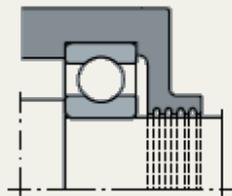


## MEZCLA AIRE- ACEITE

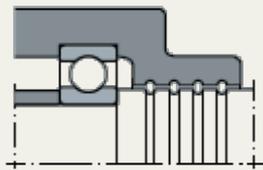
# SISTEMA DE ESTANQUEIDAD SELLADO DE RODAMIENTOS

**SELLADO TIPO NO CONTACTO:** Existe una pequeña holgura entre el eje y el cobertor del alojamiento. Aptos para altas velocidades de giro. Fricción despreciable.

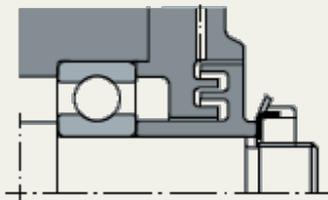
**SELLADO TIPO CONTACTO:** Un labio de caucho del retén es presionado contra el eje. Existe más fricción que en el caso de no contacto, luego se genera más temperatura. Pero es más eficiente.



**Sello con ranuras para lubricación**  
(ranuras para lubricación en el alojamiento)



**Sello con ranuras para lubricación**  
(ranuras para lubricación en el eje y el alojamiento)



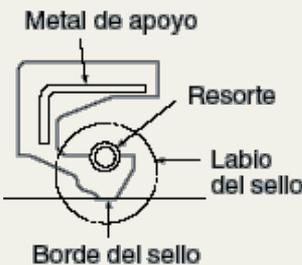
**Sello de laberinto axial**



**Sello tipo Z para grasa**



**Sello tipo anillo en V**



**Sello de aceite**