
LUBRICANTES

Materiales Industriales - FIUBA

Su finalidad

Un lubricante tiene por finalidad evitar el contacto entre dos superficies deslizantes de manera que no se produzca el roce directo o continuado entre ambas. Se aumenta así la vida útil del mecanismo; se mejora su rendimiento, evitando las pérdidas de energía por **fricción**; se lo hermetiza convenientemente; se disipa mejor el calor generado; y se facilita la limpieza y evacuado de impurezas. La lubricación correcta implica la aplicación del lubricante adecuado en el lugar que corresponda, en los intervalos y en las cantidades correctos.

Los aceites minerales son hidrocarburos del tipo $C_n H_m$ con un elevadísimo número de isómeros, que provienen de la destilación del petróleo crudo

Columna de destilación-columna bajo vacío-refinación selectiva con solventes-desparafinado-desasfaltizado-mezclado-aditivos

La fricción

La **fricción** puede definirse como la fuerza resistente tangente a la superficie de dos cuerpos cuando un cuerpo se mueve o tiende a moverse sobre otro. La fuerza tangencial necesaria para comenzar el movimiento se denomina fricción estática; la fricción dinámica es la que lo mantiene. El coeficiente de fricción μ es el cociente entre la fuerza de fricción **F** y la carga aplicada **P**.

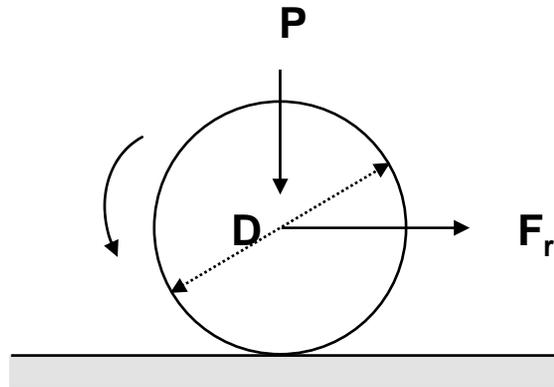
$$\mu = F / P$$

Todas las superficies de los materiales, aún las lisas, presentan muchas irregularidades en forma de picos y valles, que son grandes si se los considera a escala molecular. Cuando una superficie sólida se desliza sobre otra, el contacto real ocurre solamente en un número limitado de puntos de contacto. Aún las cargas livianas pueden causar deformación plástica apreciable en materiales dúctiles como los metales, uniendo así los puntos de contacto.

La resistencia a la fricción por rodamiento en un cilindro bajo carga está aplicada en su centro, y responde a la fórmula

$$F_r = k * P^n / D^m$$

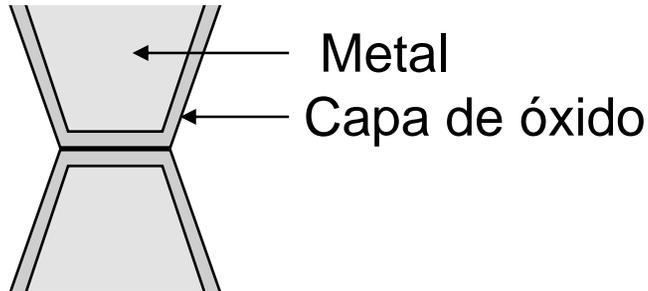
Coeficiente de fricción



k : coeficiente de fricción,
 n, m , coeficientes empíricos

F_r : fuerza de fricción por rodamiento, $F_r = k * P^n / D^m$

La fricción

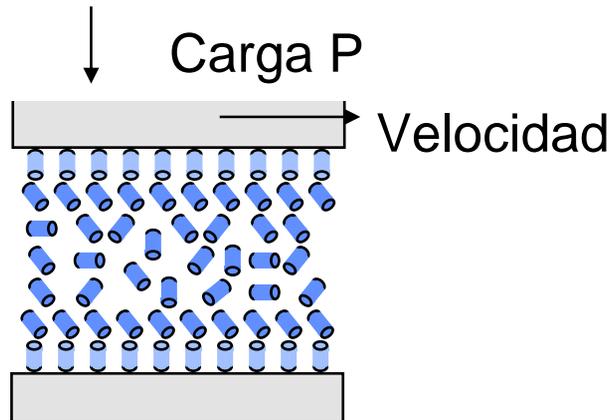


Las superficies metálicas expuestas al aire están siempre cubiertas por una película de óxido o gas adsorbido, el que afecta en gran medida la fricción entre las superficies. Los coeficientes de fricción en los casos que anteceden raramente pasan de 1,5, pero un metal perfectamente limpio, ej., bajo vacío, da valores mucho más altos; pues se enlazan metálicamente las rugosidades, dando una soldadura en frío. Efectos similares se han encontrado en otros materiales tales como el diamante, el grafito o el hielo; en este último caso a temperaturas muy bajas, menores a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, el coeficiente de fricción sube desde 0,03 hasta 0,7 - 1,2, pues no puede formarse la habitual película de agua.

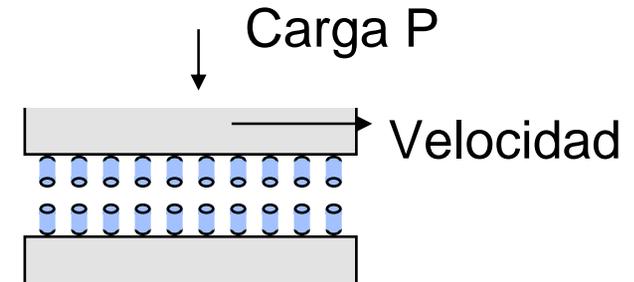
Coeficiente de fricción μ

Material	μ	—
Materiales perfectamente limpios en el vacío	$\mu > 5$	
Metales limpios en aire	0.8 - 2	
Metales limpios en aire húmedo	0.5 - 1.5	
Acero sobre metal seco de cojinetes (ej.: plomo, bronce)	0.1 - 0.5	
Aceros sobre cerámicos (ej.: zafiro, diamante, etc.)	0.1 - 0.5	
Cerámicos sobre cerámicos (ej.: carburos sobre carburos)	0.05 - 0.5	
Polímeros sobre polímeros	0.05 - 1.0	
Metales y cerámicos sobre polímeros (PE, PTFE, PVC)	0.04 - 0.5	
Lubricación límite de metales	0.05 - 0.2	
Lubricantes para altas temperaturas (S_2Mo , grafito)	0.05 - 0.2	
Lubricación hidrodinámica	0.001 - 0.005	

Mecanismo de la lubricación



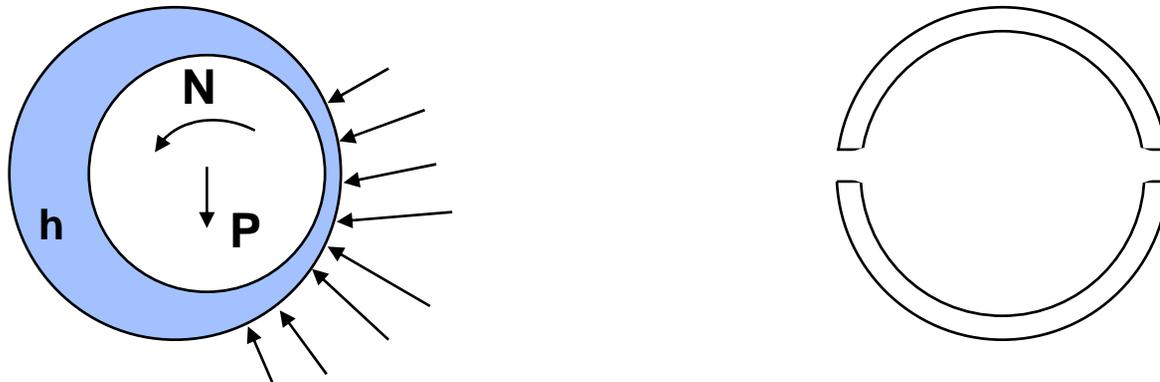
Lubricación fluida



Lubricación límite

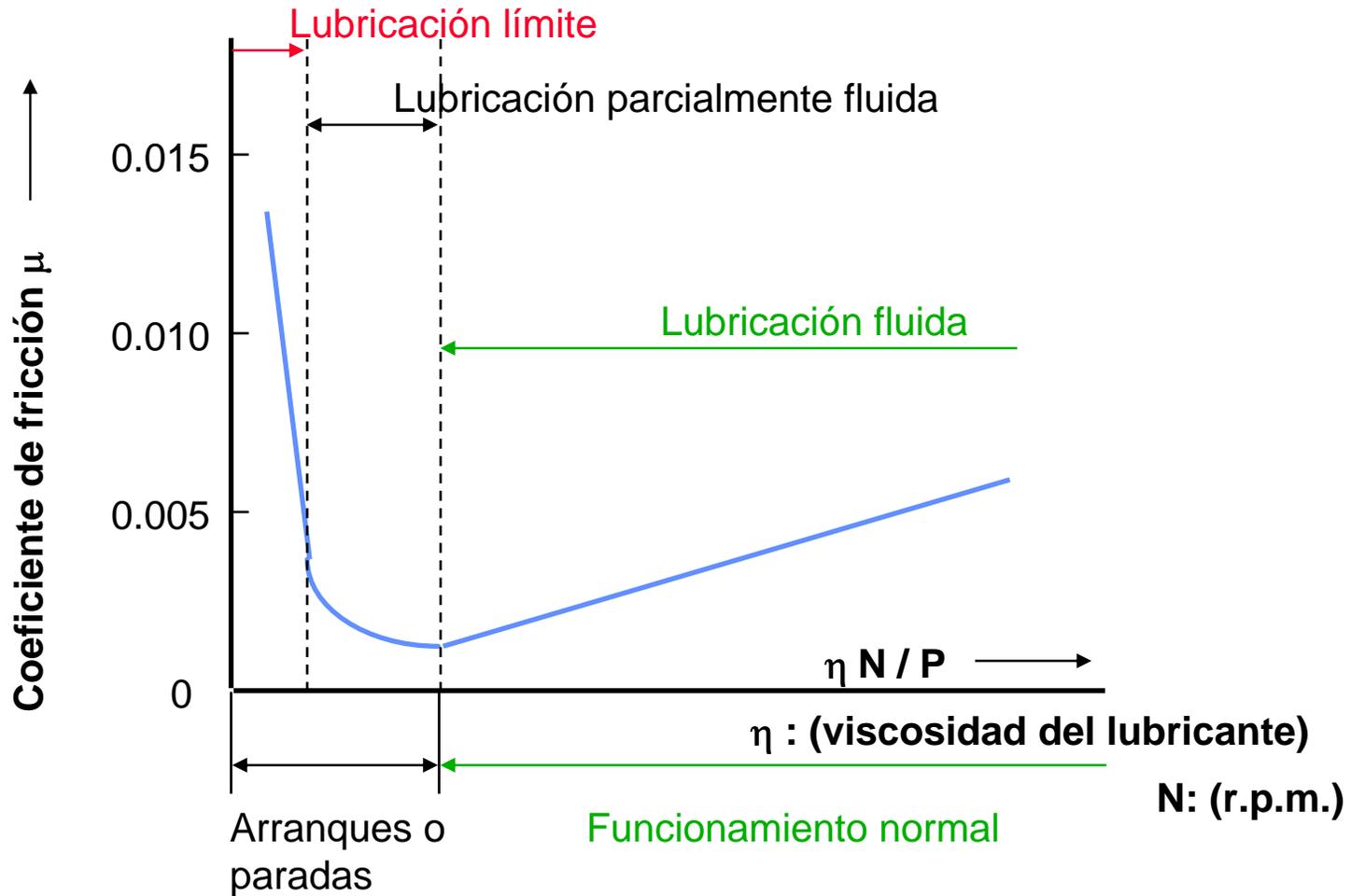
La lubricación actúa por dos mecanismos principales, la lubricación fluida o hidrodinámica, y la lubricación límite. La primera supone una capa de lubricante lo suficientemente espesa para evitar el contacto entre las superficies deslizantes. La segunda, implica una capa de lubricante de unas pocas moléculas de espesor, comparable al de las rugosidades.

Lubricación hidrodinámica

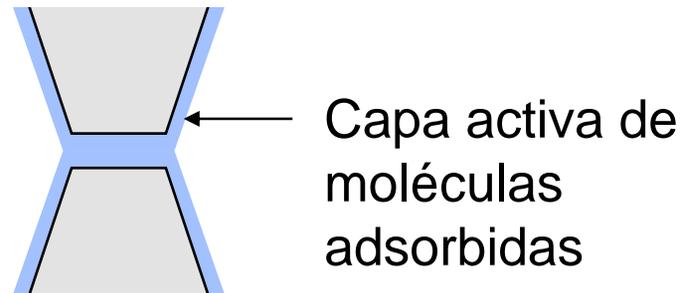


Entonces, en un cojinete bien lubricado, las propiedades de fricción y resistencia al desgaste de los materiales serían irrelevantes. La presión del lubricante en el régimen hidrodinámico mantiene suspendido al eje, soportando comúnmente entre 10 y 100 atmósferas. Pero los cojinetes se elaboran con metales normalmente blandos (plomo, cinc, estaño) para que reciban el desgaste que inevitablemente se produce en los arranques del mecanismo (motor)

Mecanismo de la lubricación



Lubricación límite



Lubricación límite

Se producen lubricantes para este uso agregando una pequeña cantidad de compuestos orgánicos polares, tales como ácidos grasos a un aceite lubricante. La reacción del grupo polar tal como un carboxilo con la superficie del metal, produce una capa monomolecular muy adherente. La película resultante reduce el número y área de las soldaduras metálicas, disminuyendo en forma importante la fricción y el desgaste. Para altas temperaturas se usan lubricantes sólidos (grafito <600 °C>, bisulfuro de molibdeno <800 °C>). El coeficiente de fricción cae hasta 10 veces

Factores que influyen en la selección

- el medio ambiente** (temperatura, presencia de agua o de vapor, impurezas, etc..)
- el mecanizado de las superficies:** se produce un fenómeno de absorción que depende de la naturaleza y estado de la superficie y de la aceitosidad (propiedad que presenta el lubricante por la cual se forma sobre la superficie a lubricar una capa de moléculas que se adhiere al metal por polaridad). Se produce una capa de lubricante del espesor de una molécula, generalmente menor que la dimensión de las rugosidades, las que entran en contacto en el período de rodaje del mecanismo.
- el régimen de lubricación:** hidrostática o forzada, hidrodinámica, o de extrema presión (lubricación límite). La lubricación límite se produce cuando la viscosidad es muy baja, o el número de r.p.m. es reducido, o la carga es muy grande.

Clasificación de los lubricantes

Simplees o Compuestos

Minerales, vegetales, o animales.

Naturales o sintéticos

Líquidos, semisólidos (plásticos), sólidos

Clasificación de los lubricantes

	MINERALES	VEGETALES	ANIMALES
SÓLIDOS	Grafito, bisulfuro de molibdeno	Ceras (ésteres de ácidos grasos)	Cera de abeja
SEMISÓLIDOS	Grasas, vaselinas	Aceites de coco y de palma	Sebo
LÍQUIDOS	<u>Aceites de petróleo</u>	Aceites de algodón	Glicerina

Las grasas

Las **grasas minerales** resultan de agregar a los aceites, espesantes (jabones metálicos, Ca, Na, Li, Ba; combinaciones de éstos con Pb) y/o lubricantes sólidos

Las grasas protegen el mecanismo a lubricar del contacto con el agua, polvo, etc., (sellado) y permiten mantener la lubricación cuando los líquidos no servirían por motivo de fuerzas centrífugas, o cuando la relubricación es económicamente injustificable

Propiedades de los aceites minerales

Viscosidad: es la resistencia al desplazamiento relativo de sus partículas debido a la actividad molecular (resistencia a fluir).

Un filete líquido elemental al desplazarse con respecto a otro contiguo de velocidad diferente da una resistencia $F = \eta V / h$, donde η es la **viscosidad absoluta o dinámica**, que depende de la naturaleza del fluido y de su temperatura.

Dividiendo la viscosidad absoluta o dinámica de un fluido por su densidad, se obtiene la viscosidad cinemática γ .

Ésta se mide con los viscosímetros Saybolt Universal, Redwood o Engler, tomando el tiempo en el que se produce un escurrimiento desde un nivel establecido a través de un orificio calibrado. (Escala SAE, 99 °C y SAE W , - 18 °C)

Viscosidades

Viscosidad Saybolt

Indica el tiempo que transcurre para fluir 60 c.c. de aceite por un orificio calibrado. Este resultado se indica como Segundos Saybolt Universales (SSU).

Si se opera con aceites de muy alta viscosidad se substituye el orificio calibrado por otro que tiene un diámetro diez veces mayor. En este caso el resultado se indica como Segundos Saybolt Furol (SSF).

Viscosidad Engler

Indica el cociente entre el tiempo de salida de 200 c.c. de aceite y la misma cantidad de agua, por un orificio calibrado.

Viscosidad Redwood

Indica el tiempo que transcurre para fluir 50 c.c. de aceite por un orificio calibrado.

Escalas SAE (98,9 °C) y SAE W (-17,8°C)

Número SAE	S.S.U. a -17,8 °C		S.S.U. a 98,9 °C	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
5 W	-	4000	39	-
10 W	6000	< 12000	39	-
20 W	12000	48000	39	-
20	-	-	45	< 58
30	-	-	58	< 70
40	-	-	70	< 85
50	-	-	85	110

Los aceites multigrado

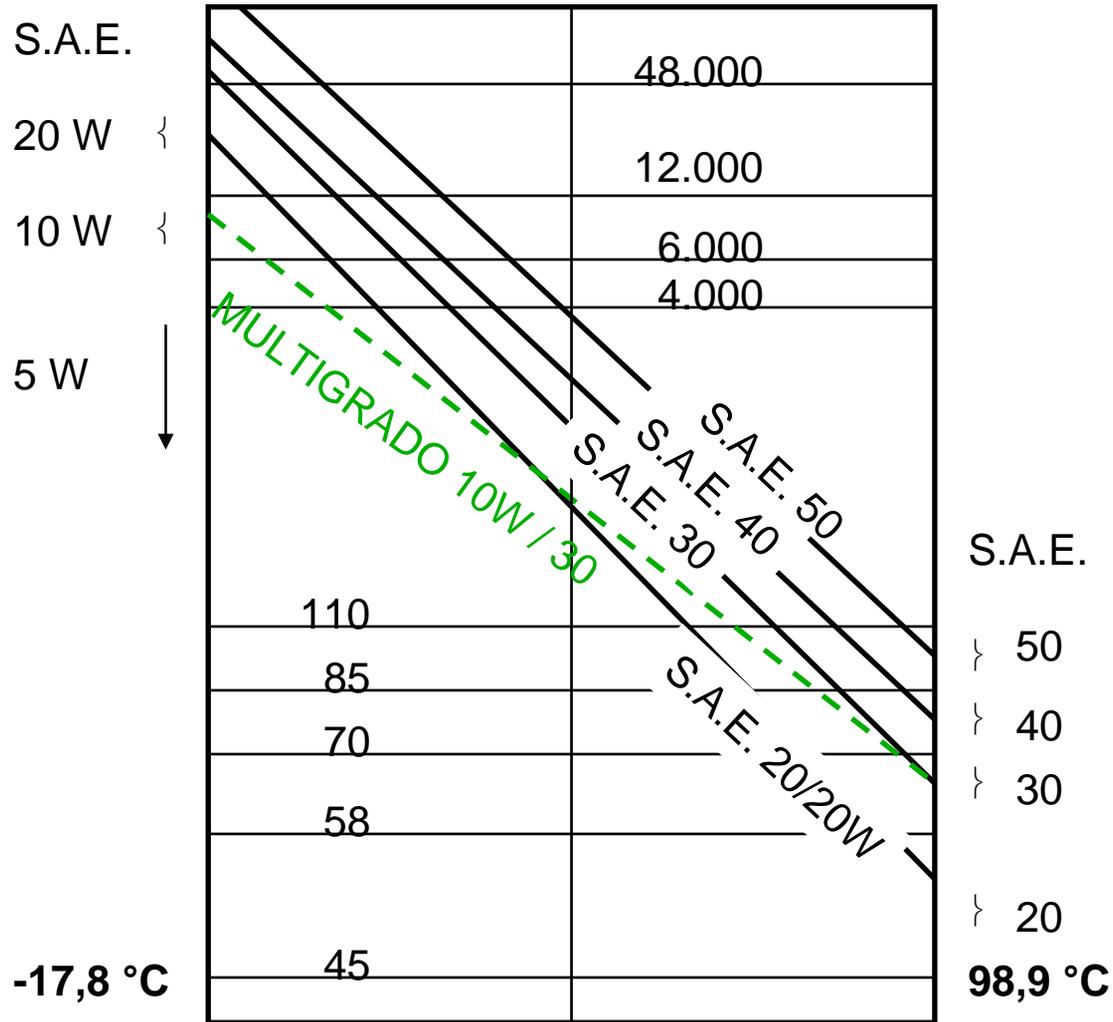
Índice de viscosidad: es un valor que representa la variación de la viscosidad con la temperatura.

Para calcular el índice se compara la viscosidad a estudiar con la de otros dos aceites referenciales, H (parafínico standard) y L (cicloparafínico).

El primero presenta escasa variación con la temperatura, y su IV se fija en 100; el segundo presenta gran variación, y su IV se fija en 0.

Se mide la viscosidad SU a estudiar a -18 y 99 °C, y se determina el IV mediante tablas. (aditivos espesadores poliméricos, aceites multigrado)

Viscosidad en Segundos Saybolt Universal



Otras propiedades

Punto de congelación: la tendencia a congelarse crece con el contenido de parafinas (aditivos nafténicos y tensioactivos)

Punto de inflamación: los vapores se inflaman e inmediatamente se apagan ante una llama

Punto de combustión: el aceite arde en forma continua; es del orden de 35 °C mayor que la anterior

Punto de autoinflamación: el aceite arde sin necesidad de llama

Punto de fusión de una grasa: el punto de goteo mide la temperatura a la cual fluye la primera gota de grasa

Efecto emulsionante: la dispersión de agua en un lubricante puede ser deseable (aditivos emulsionantes) o no (centrifugado)

Otras propiedades

Efecto espumante: la dispersión de aire es siempre indeseable, pues favorece la oxidación y aumenta el rozamiento (aditivos antiespumantes)

Poder detergente: las sustancias gomosas producen atascamientos y aglutinan partículas sólidas que actúan como abrasivos (aditivos que las mantienen en suspensión)

Número de neutralización (envejecimiento)

Rigidez dieléctrica (transformadores), **baja volatilidad** (temple), etc.

Hidrogenación: dificulta la oxidación mediante la saturación de las dobles o triples ligaduras de los carbonos mediante burbujeo en hidrógeno en presencia de catalizadores (platino). Con el mismo objeto se agregan aditivos antioxidantes (BHT y otros)