



# **lubrication management**

IK4-TEKNIKER

## **Grasas lubricantes**

Estíbaliz Aranzabe, Adolfo Málaga

## 1. INTRODUCCIÓN

Una grasa lubricante es un material semifluido formado por un **agente espesante**, un **aceite base** y, normalmente, una serie de **aditivos**.

La naturaleza y porcentajes de los componentes de la grasa dependen mucho de las aplicaciones para las cuales va a estar destinada.

- Aceite base: 75-96%

- \* Aceite mineral
- \* Aceite sintético
- \* Aceite vegetal

- Espesante: 3-25%

- \* Jabones metálicos simples
- \* Jabones metálicos complejos
- \* Espesantes con base no jabonosa
- \* Espesantes inorgánicos

- Aditivos: 0-10%

En ciertas aplicaciones, las grasas se pueden utilizar en sustitución de los aceites lubricantes. Su uso está normalmente limitado a aquellos puntos y órganos en los que no es posible ni cómoda la utilización de aceites lubricantes o en los que desde el principio, se presupone un conjunto de restricciones para un buen rendimiento del aceite.

Las principales propiedades o ventajas que deben tener las grasas frente a un aceite son:

- Ser capaces de formar una película lubricante lo suficientemente resistente como para separar las superficies metálicas y evitar el contacto metal-metal (reduciendo la fricción y el desgaste). Características de arranque en frío.
- El lubricante debe permanecer retenido en el punto de engrase debido a que la frecuencia de relubricación por fluido lo hace económicamente injustificable.
- Protección frente a la corrosión.
- En máquinas donde no es factible hacer llegar un fluido mediante un sistema de conducción o colocar un depósito debido a la configuración de la máquina.
- Alimentación de lubricante adicional.
- Tener propiedades sellantes (evitando el agua y otros contaminantes).
- Tener resistencia a cambios estructurales o de consistencia (Tenacidad).
- Resistir al centrifugado y a la pérdida de fluido.

- Ser compatible con materiales sellantes.
- Poseer las características adecuadas para la aplicación requerida.
- Minimiza la contaminación de productos.
- Uso de aditivos sólidos.
- Mantenimiento sin parada.
- Cuando el diseño del equipo especifica grasa.
- Cuando se desea reducir la frecuencia de relubricación.
- Cuando se presentan condiciones extremas (temperatura, presiones, cargas, velocidades...).

Sin embargo, también posee una serie de desventajas que se deben tener muy en cuenta:

- Menor capacidad de enfriamiento/transferencia de calor.
- Limitaciones de velocidad en los rodamientos.
- Menor estabilidad al almacenamiento.
- Falta de uniformidad.
- Problemas de compatibilidad.
- Menor resistencia a la oxidación.
- Control de la contaminación.
- Dificultad de controlar el volumen.

Se debe tener en cuenta que una grasa no enfría el mecanismo como un fluido circulando y tampoco es capaz de arrastrar los contaminantes no deseados como lo hace un fluido.

Un lubricante debe reducir el coeficiente de fricción y de este modo reducir la cantidad de calor que genera (y el desgaste). Las grasas poseen coeficientes de fricción más bajos que los aceites que se utilizan en su propia fabricación, por tanto se consume menos energía con grasas que con aceites.

En la Tabla 1 se comparan los coeficientes de fricción de varias grasas y el del aceite utilizado en su preparación.

TIPO DE JABÓN	COEFICIENTE A 38°C
Aceite base	0.040
Grasa.- Compleja Ca	0.034
Grasa – Ca	0.022
Grasa – Na	0.012
Grasa – Li	0.008

Tabla 1- Coeficientes de fricción de varios tipos de grasas

Cuando los aceites se calientan, su coeficiente de fricción aumenta considerablemente. Lo mismo ocurre con las grasas pero en menor grado.

## 2. ACEITE BASE

El aceite lubricante es el **mayor constituyente de una grasa (75-96%)**, por lo que influye mucho en las características y el comportamiento de la grasa.

Al elegir una grasa primero se debe escoger el aceite base, ya que es el componente de la grasa que va a ejercer la labor de lubricación.

### 2.1. Elección de la viscosidad adecuada del aceite base

Lo primero a determinar al elegir el aceite base, es la viscosidad adecuada del mismo dependiendo de la aplicación que vaya a tener la grasa (Tabla 2).

La viscosidad elegida deberá tener unos valores mínimos y máximos:

- la **mínima necesaria** para proveer lubricación durante el “arranque” (o en el caso de piezas que no sean motores, al moverse la primera vez que se usa).

- la **máxima necesaria** para no contribuir con fricción y pérdidas de potencia (en forma de calor y desgaste) innecesarias (depende del factor de velocidad que a su vez depende de la velocidad en rpm y el del diámetro medio).





VISCOSIDAD A 40°C	Ejemplo de aplicación	Carga	Resistencia al agua	Velocidad	Separación del aceite
22 cSt	Husillos de alta velocidad	BAJA 		ALTA 	
100 cSt	Motores eléctricos				
150 cSt	Rodamientos de las ruedas				
220 cSt	Laminación de acero				
460 cSt	Máquinas de papel				
1500 cSt	Acoplamientos de carga pesada y baja velocidad	ALTA	MUY BUENA	BAJA	BAJA

Tabla 2-Influencia de la viscosidad del aceite base en la elección de la grasa.

## 2.2. Elección del tipo de aceite base

### Tipos de aceite base

Se pueden utilizar una gran variedad de tipos de aceite base en grasas lubricantes. Lo más usual es utilizar un aceite de **base mineral** o alguno de las familias de **lubricantes sintéticos**, aunque también pueden utilizarse **bases vegetales**. En la tabla 3 se muestra la clasificación API de aceites base.

<b>Categoría del Aceite Base</b>	<b>Azufre (%)</b>	<b>Compuestos Saturados (%)</b>	<b>Índice de Viscosidad</b>
<b>Grupo I</b>	> 0.03	y/o < 90	80-120
<b>Grupoll</b>	≤ 0.03	y ≥ 90	80-120
<b>Grupolll</b>	≤ 0.03	y ≥ 90	≥ 120
<b>Grupo IV</b>	PAO's		
<b>Grupo V</b>	Resto no incluidos en los Grupos I, II, III y IV		

Tabla 3- Clasificación API de aceites base

#### - Base mineral

Las bases minerales se obtienen mediante la destilación del crudo. Pueden ser tanto de origen parafínico como nafténico.

#### \* Bases parafínicas

Son las más ampliamente utilizadas. Son relativamente estables a altas temperaturas pero, debido al alto contenido en parafinas que poseen, no funciona satisfactoriamente a bajas temperaturas.

Los aceite parafínicos con alto índice de viscosidad tienen una buena resistencia a la oxidación, pero no son compatibles con jabones de calcio o sodio (espesantes típicos).

#### \* Bases nafténicas

Estas bases a altas temperaturas son menos estables que las parafínicas. Circulan bien a bajas temperaturas. Si se utilizan estas bases se deben añadir inhibidores de la oxidación.

En algunas aplicaciones se utilizan nafténicos con índices de viscosidad medios o bajos porque tienen un bajo contenido en ceras, lo que mejora el funcionamiento a bajas temperaturas.

#### - Base sintética

Para la mayoría de las aplicaciones, un aceite mineral convencional es suficiente para garantizar una lubricación eficiente. Sin embargo, para los casos en que las condiciones de lubricación son especialmente severas, suele resultar muy conveniente utilizar una grasa que posea un aceite base sintético.

Las bases sintéticas se obtienen mediante procesos sintéticos, a partir de unidades de moléculas simples para obtener estructuras mayores con unas propiedades específicas. Son refinados de aceites vegetales y/o de petróleo. Al producir un hidrocarburo sintético, es posible elegir el porcentaje de cada tipo de moléculas en el lubricante final.

Si la grasa va a formar parte de un sistema en el que hay temperaturas o presión extremas, la elección de un aceite sintético es más acertada debido a su mayor índice de viscosidad, estabilidad térmica y oxidativa. Trabajan bien tanto a altas como a bajas temperaturas.

Las bases sintéticas más típicas son:

**\*Polialfaolefinas (pao)**

Son las bases sintéticas más usadas. Poseen una buena estabilidad térmica, pero requieren de antioxidantes y tienen una capacidad limitada para disolver algunos aditivos. Además, se caracterizan por una baja tendencia a la formación de depósitos y baja corrosividad.

Posee un elevado índice de viscosidad, lo cual añadido a un paquete de aditivos bien equilibrado, minimiza la descomposición del aceite y prolonga la vida útil del aceite. A altas temperaturas de trabajo, este elevado índice de viscosidad ofrece un espesor de la película lubricante mayor que los productos en base a aceite mineral. Es compatible con la mayor parte de las piezas comunes de las máquinas, así como con los aceites minerales.

**\*Ésteres**

Tienen buena estabilidad térmica y excelente solvencia. Fluyen limpiamente y tienden a disolver barniz y sedimentos, no dejan depósitos. Si hay peligro de contaminación por agua, deben adicionarse aditivos específicos para evitar la hidrólisis y proporcionarle una estabilidad a la oxidación. Poseen un amplio intervalo de temperaturas de trabajo, buena resistencia de la película y baja volatilidad.

Normalmente son ésteres de polialcoholes donde todos los grupos OH están esterificados: trimetilolpropano, trioleína,...

**\*Poliglicoles (glicoles polialquenos)**

Exhiben una buena estabilidad térmica en presencia de aditivos antioxidantes por tener una alta conductividad térmica. Tienen altos índices de viscosidad, pudiéndose utilizar en amplios rangos de temperaturas. Debido a la agresividad de estos compuestos no será posible utilizarlos a no ser que se posean juntas y pinturas especiales. Ejemplos típicos son el polipropilenglicol y el dipropilenglicol.

**\*Siliconas**

Son polímeros de organosiloxanos basados en una estructura consistente en átomos de O y Si alternados, con radicales orgánicos unidos a los átomos de Si.

La aplicación más interesante para este tipo de compuestos es con elementos radiactivos, ya que poseen una buena resistencia a la radiación. Además poseen una buena resistencia térmica y buena resistencia a la oxidación. Sus principales

desventajas son su alto precio, pobre características anti-desgaste (la oxidación, produce ciertos productos de oxidación como los óxidos de silicón que son abrasivos y causan desgaste) y poseen una baja tensión superficial (esto permite una amplia extensión en las superficies metálicas, especialmente en el acero, y no forma una película lubricante adherente y eficaz, por lo tanto carece de lubricidad). Tienen un elevadísimo índice de viscosidad (por tanto pequeñas variaciones en la viscosidad en una amplia gama de temperaturas).

\*Perfluoropoliétileno (pfpe)

Tienen buenas características como lubricantes por su inerticidad y su alta densidad, pero su alta volatilidad provoca problemas medioambientales (ataca a la capa de ozono).

### 2.3. Influencia de las bajas temperaturas en las bases

Las grasas no cambian de estado, pero sufren un proceso de endurecimiento (aumento de consistencia) que se asimila a la congelación. La rapidez de este proceso depende de la naturaleza de la grasa. Si la base de la grasa es un aceite sintético, el aumento de consistencia es menor que en el caso de una grasa mineral para las mismas condiciones de temperatura.

Este efecto está relacionado con la bombeabilidad de las grasas a bajas temperaturas (si se quiere asegurar la bombeabilidad de una grasa a bajas temperaturas, se deberá utilizar una grasa que tenga como base un aceite sintético).

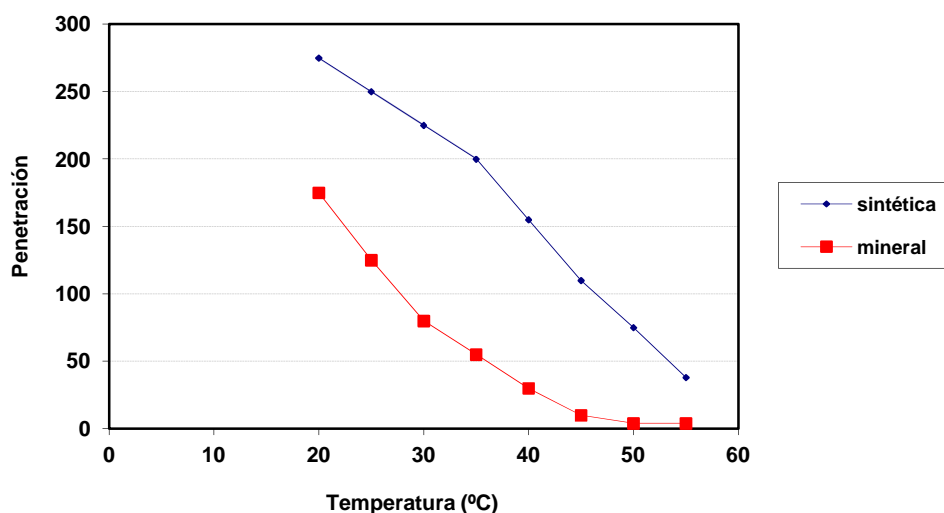


Figura 1. Comparación de penetración a diferentes temperaturas para grasas sintéticas y minerales



### 3. ESPESTANTES

#### 3.1. Función del espesante

El agente espesante proporciona una red tridimensional, similar a la estructura de una esponja, que retiene el lubricante entre sus poros. La función de dicho espesante es actuar de manera permeable a modo de depósito de aceite, permitiendo la liberación de éste para lubricar la zona requerida durante el funcionamiento (cuando se ejerce una cierta presión sobre la grasa por el efecto del peso del elemento a lubricar se libera cierta cantidad de aceite que permite la lubricación) y su absorción cuando cesa dicha solicitud para evitar las fugas y las pérdidas por evaporación.

Este ingrediente solidificador va a determinar la calidad final y el tipo de aplicación de la grasa (es el que le confiere propiedades tales como resistencia al agua, capacidad de sellado y resistencia a altas temperaturas sin variar sus propiedades ni descomponerse).

#### 3.2. Consistencia de la grasa (cantidad de espesante)

La consistencia de una grasa aumenta proporcionalmente con la cantidad de espesante añadida.

##### Consistencia en función de la viscosidad del aceite base

Dependiendo de la viscosidad del aceite base, necesitaremos más o menos cantidad de espesante. Un aceite poco viscoso, necesitará una consistencia mayor, es decir, una red más tupida, para que el aceite no escape. En cambio, los aceites más viscosos necesitarán una consistencia menor para permitir una buena liberación del mismo.

##### Consistencia en función del uso de la grasa (igualdad de viscosidad del aceite base)

Dentro del mismo tipo de grasas (con igual viscosidad y tipo de aceite base), se seleccionará la grasa de menor consistencia para los casos de lubricación centralizada, y la de mayor consistencia para aquellos casos en los que se quiera sellar o evitar la contaminación por elementos extraños, agua, polvo, productos de proceso.

#### 3.3. Clasificación de espesantes

Existen diferentes tipos de espesantes. Se pueden clasificar como jabones metálicos simple/complejos, espesantes con base no jabonosa, e inorgánicos. En función de que se quiera uno u otro su fabricación es diferente.

##### - Jabones metálicos

Los jabones se fabrican mediante la reacción de una sustancia alcalina o alcalinotérrica (normalmente un hidróxido metálico) y un ácido graso o éster de origen vegetal o animal bajo condiciones de temperatura, presión y agitación. A esta reacción se la conoce como saponificación. Como el jabón obtenido tiene una parte con naturaleza inorgánica las

moléculas del espesante son sólo parcialmente solubles en aceite. El resultado es una reticulada microscópica formada por fibras de 4 a 10 micras cuyos poros retienen el lubricante.

#### \*Jabones simples

- Jabones de litio

Los jabones de litio se utilizan como espesantes de grasas lubricantes en aplicaciones de alta temperatura.

- Poseen puntos de fusión superiores a los jabones convencionales de sodio o potasio (punto de gota de 180°C, y temperatura máxima de servicio de 140°C).
- Las grasas con dichos espesantes son resistentes a la pérdida de consistencia y a las fugas.
- Poseen excelentes propiedades antiherrumbre y corrosión.
- Tienen una moderada resistencia al agua.
- Los aditivos en estas grasas funcionan mejor que en otros medios.
- Posee excelentes propiedades selladoras.

- Jabones de calcio

Suelen ir acompañados de agua debido a que se les adiciona para darles mayor estabilidad. Se forman haciendo reaccionar un ácido graso con hidróxido cálcico en un medio de aceite mineral. La apariencia es de fibras empaquetadas con una textura suave.

- Son los más baratos y no emulsionan con el agua (no sufren transiciones de fase y se pueden bombear bien).
- Tienen una baja estabilidad térmica (bajo punto de gota) y buena estabilidad mecánica.
- Tienen muy buena resistencia al agua. Se usan para lubricar bombas de agua, máquinas que funcionan en condiciones suaves.
- Las hay de dos tipos:
  - Estabilizados con agua cuya temperatura máxima de trabajo es de 90°C.
  - Derivados del 12-hidroesteárico que son más estables térmicamente que las de calcio hidratado ( $T^a$  máxima de trabajo: 120-130°C).

- Jabones de aluminio

Su apariencia es como un gel suave.

- Tienen un bajo punto de gota (110°C) y una buena resistencia al agua.
- Se usan para aplicaciones húmedas y para lubricar cojinetes de baja velocidad.

- Jabones de sodio

Se forman haciendo reaccionar un ácido graso con hidróxido sódico en un medio de aceite mineral. Tienen una textura fibrosa áspera.

- Tienen puntos de gota bastante altos.
- Poseen una mala resistencia al agua, pero excelentes propiedades antiherrumbre y corrosión.
- Son adecuados para equipos que requieran lubricación frecuente, aunque su uso es bastante reducido por su poca versatilidad y su facilidad a hidratarse. Además son susceptibles a transiciones de fase y endurecimiento.
- Puntos de gota de aproximadamente 200°C.

\*Jabones complejos

Los jabones complejos se han desarrollado para satisfacer las condiciones más rigurosas de temperatura de las máquinas modernas. La estructura del espesante se forma cuando se hace reaccionar simultáneamente un derivado de ácido graso con otros compuestos polares, llamados agentes complejantes, junto con un componente básico. Estos agentes complejantes suelen tener un peso molecular que el derivado del ácido graso.

- Jabones complejo de litio

- Tienen una extraordinaria resistencia al lavado por agua y una excelente estabilidad estructural y térmica.
- Poseen un elevado punto de gota (260°C), lo que hace que toleren unas altas temperaturas de trabajo (175°C).

- Jabones complejo de aluminio

- Poseen elevados puntos de gota de alrededor de 260°C.

- Tienen una excelente resistencia al agua.

- La estructura fibrosa de la grasa es más pequeña que la del resto de las grasas, lo cual le configura una serie de ventajas:

- 1- Para su fabricación requiere menos espesantes.

- 2- Mejor bombeabilidad

- 3- Retención en igual medida (aceites de alto o bajo I.V. o sintéticos).

- Modificando este tipo de grasa con montmorillonita, se mejoran otras propiedades, como su rendimiento a altas temperaturas, estabilidad mecánica, separación del aceite y muy buenas propiedades de par de arranque a bajas temperaturas.

- Jabones complejo de calcio

Fueron las primeras grasas de jabón complejo que se desarrollaron. Se fabricaron utilizando una molécula de jabón estearato-acetato de calcio. Éstas ofrecen mejores ventajas sobre las mezclas co-cristalizadas, como son:

- Puntos de gota sobre los 250°C.

- Mantiene su consistencia a elevadas temperaturas y posee propiedades de extrema presión.

- Tienen malas propiedades a baja temperatura, ya que se endurecen.

- Normalmente se usan para lubricar rodamientos que funcionan a 160-200°C (por encima de esta temperatura se desestabilizan formando cetonas).

	ALUMINIO	BARIO	CALCIO	CALCIO ANHIDRO	LITIO	SODIO	COMPLEJO DE ALUMINIO	COMPLEJO DE CALCIO	COMPLEJO DE LITIO	COMPLEJO DE SODIO	COMPLEJO DE BARIO
<b>Punto de gota</b>	110		96-104	135-143	190	163-177	>260	>260	>260		
<b>Temperatura máxima de uso</b>	85		90	120-130	160	93-136	150	150	175		
<b>Resistencia al agua</b>	Buena		Excelente	Excelente	Moderada	Mala	Buena	Excelente	Moderada		Elevada
<b>Estabilidad a la oxidación</b>							Buena				
<b>Protección corrosión</b>			Excelente		Excelente	Excelente					
<b>Bombeabilidad</b>							Excelente				
<b>Otras propiedades</b>			Extraordinaria adherencia		Resistencia a volverse blando y a fugas. Excelentes propiedades selladoras	Adhesivas Resistentes a las fuerzas centrífugas y a altas velocidades	Resistencia a ponerse blando	Extraordinaria a adherencia. Capacidad para soportar cargas	Excelente estabilidad al trabajo mecánico. Resistencia a ponerse blando. El		

									uso de ácido acético como complejante, le da propiedades de extrema presión.		
<b>Aplicaciones</b>	Cojinetes de baja velocidad. Aplicaciones húmedas.		Cojinetes en aplicaciones húmedas. Lubrica los raíles de trenes.		Multifuncionales por excelencia, para la lubricación general de rodamientos y multitud de mecanismos (chasis, fresadoras, taladros...)	En equipos que necesitan relubricar con frecuencia (rodamientos)	Se aditivan con lubricantes sólidos (grafito) para la lubricación de rodamientos, engranajes abiertos, etc. En las más severas condiciones de trabajo.	Rodamiento sometido a la acción combinada de temperaturas, cargas, y agua (cojinetes de automoción).	Para rodamientos sometidos a altas cargas, esfuerzos de choque, altas velocidades, y elevadas temperatura.	Lubricación de corinas, piñones, motores eléctricos, etc.	Indicadas para rodamientos cónicos, de rotula, etc.

Tabla 4- Características de las grasas con espesante jabonoso

\**Espesantes* con base no jabonosa

- *Poliurea*

El más utilizado es la poliurea. Se prepara haciendo reaccionar isocianatos con aminas.

- Poseen una buena resistencia al agua.
- Buena estabilidad térmica (puntos de gota 240°C).
- Alta durabilidad (se usan en sistemas de sellado de por vida).
- Son caras y se bombean mal.
- Poseen una muy buena estabilidad frente a la oxidación. No poseen metales, los cuales catalizan la oxidación de aceites.
- Tienen la propiedad de ser más viscosas a elevada temperatura y volver a sus condiciones normales a temperatura ambiente.
- Estas grasas tienen un amplio campo de aplicación tanto en la industria como en automoción.

Otros espesantes con base no jabonosa son las sales del ácido tereftálico, del ácido fosfórico... aunque tienen escasa aplicación.

- Espesantes inorgánicos

Su fabricación es relativamente sencilla. Consiste en dispersar en una parte (o totalidad) del fluido, el espesante.

- Hay espesantes tipo bisulfuro de molibdeno y grafito (aditivos físicos). Aportan características de protección EP y durabilidad a la grasa. Se suelen usar en elementos altamente cargados, y a diferencia de los aditivos EP, estos no reaccionan químicamente con la superficie del metal.
- Los espesantes basados en la sílice toleran la radiación, por lo que se suelen usar en engranajes de elementos en centrales nucleares.
- Otro tipo de espesantes inorgánicos son las arcillas modificadas. Éstas, pueden ser del tipo bentonita, silicatos de aluminio con grupos organofílicos. La bentonita es muy recomendable para altas temperaturas (se utilizan en aplicaciones aeroespaciales), pero podría ocasionar problemas en movimientos lentos de alta presión si no tiene un buen paquete de aditivos. Las láminas de arcilla no se rompen con el cizallamiento, así que teóricamente la pérdida de viscosidad es reversible. Ciertos aditivos (sulfonatos, naftonatos de plomo y algunos compuestos órgano-fosforados) son incompatibles con este espesante porque desestabilizan el gel. Necesita la incorporación de un activador polar.

	POLIUREA	POLIETILENO	BISULFURO DE MOLIBDENO	GRAFITO	GEL DE SILICE	ARCILLA BENTONITA
<b>Punto de gota</b>	>240°C					>260°C
<b>Temperatura máxima de uso</b>	175					175
<b>Resistencia al agua</b>	Buena					Buena
<b>Estabilidad a la oxidación</b>	Buena					
<b>Protección corrosión</b>						
<b>Bombeabilidad</b>	Mala					
<b>Otras propiedades</b>	Mala resistencia a ponerse blanda y fugas. Alta durabilidad		Protección EP y durabilidad. <i>Es más bien un "Aditivo Físico"</i> .	Protección EP y durabilidad. <i>Es más bien un "Aditivo físico"</i> .	Toleran la radiación	Resistente a fugas
<b>Aplicaciones</b>	Rodamientos industriales. Automoción. Se usan en sistemas de sellado de por vida	Apenas tienen aplicaciones comerciales. Se usan en investigación.	En elementos altamente cargados.	En elementos altamente cargados	Engranajes de elementos en centrales nucleares.	Cojinetes a altas temperaturas con frecuente relubricación

Tabla 5. Características de las grasas con espesante no jabonoso



#### 4. ADITIVOS

Se utiliza una gran variedad de aditivos para mejorar las características de una grasa al igual que se hace con los aceites. Los aditivos pueden alterar el comportamiento de las grasas lubricantes. Los factores que influyen la selección de aditivos son:

- Requerimientos de la aplicación (aplicación del producto)
- Compatibilidad (reacciones)
- Consideraciones ambientales (aplicación del producto, olor, biodegradabilidad, disposición)
- Color
- Coste

Existen cuatro tipos de aditivos dependiendo del tipo de característica del aceite que éstos mejoren:

- Propiedades químicas

\* Antioxidantes

- Impide la oxidación y descomposición de la grasa.
- Descomponen los peróxidos y terminan la reacción en cadena de radicales libres. Generalmente son compuestos amínicos, fenólicos o ZDDP.

\* Anticorrosivos

- Suspendede la corrosión de las superficies metálicas si ésta ya se ha originado o la evita en caso de que se pueda presentar.
- Se añaden debido al efecto nocivo del oxígeno atmosférico y el agua, que pueden generar un serio problema de mal funcionamiento. Este problema es especialmente importante en aplicaciones de engranajes de acero. Pueden ser de dos tipos:

+ *Anticorrosivos*

+ *Protectores*

Pueden ser de cinco tipos:

- A) *Ésteres*. Generalmente son ésteres de compuestos con más de una función alcohólica.
- B) *Sulfonatos*. Son compuestos que van a tener el grupo funcional  $\text{RSO}_3$ .
- C) *Sales de ácidos carboxílicos*
- D) *Ceras*. Son compuestos hidrocarbonados obtenidos en el proceso de desparafinado de aceites lubricantes. Van a ser

cadenas parafínicas lineales con algunos anillos aromáticos o nafténicos.

E) *Petrolatum*. Van a ser mezclas de aceites y parafinas con ausencia total de aromáticos. Adsorben preferentemente constituyentes polares en la superficie del metal para obtener una película protectora o neutralizan los ácidos corrosivos.

\* Pasivadores (Desactivador metálico)

Impide efectos catalíticos en los metales con el fin de que las partículas que se han desprendido durante el movimiento de las superficies metálicas no se adhieran a éstas y ocasionen un gran desgaste.

- Mercaptobenzotiazolo
- Complejos orgánicos que contienen nitrógeno y azufre
- Aminas
- Sulfuros
- Fosfitos

Generan una capa inactiva en la superficie del metal mediante la complejación con iones metálicos.

- *Propiedades estructurales*

\* Modificadores

\* Adherencia

- *Propiedades reológicas*

\* Mejoradores del índice de viscosidad

Los mejoradores del índice de viscosidad son aditivos que mejoran las características viscosidad-temperatura de aceites base. Una viscosidad baja supone poca fricción y un buen arranque en frío, pero también un peligro de rotura de película a altas temperaturas. Un índice de viscosidad alto asegura que la capa de lubricante sea adecuada en un alto rango de temperaturas de trabajo. Existen tres clases de mejoradores de viscosidad:

+ Polimetraclilatos

+ Polibutenos

+ Copolímeros de poliolefina

\* Depresores del punto de congelación

Al enfriarse progresivamente un aceite mineral que contiene parafinas lineales, se llega a una temperatura en la que el aceite se enturbia y pierde

su brillantez (es lo que se llama punto de niebla). Esto ocurre debido a que dichos materiales empiezan a cristalizar y a separarse de la disolución en que se encontraban. Al continuar el enfriamiento, llega un momento en que el aceite deja de fluir.

Cuando esto ocurre se produce una pérdida de lubricación a ciertas temperaturas. Para superar estos problemas, existen unas sustancias de elevada actividad superficial capaces de recubrir los cristales de parafina a medida que se forman inhibiendo su crecimiento. Los depresores del punto de congelación típicos son los polimetacrilatos.

- Lubricación límite

\* Antidesgaste

Reducen el desgaste de las superficies al evitar el contacto directo entre ellas. Dentro de los aditivos antidesgaste, nos podemos encontrar con dos tipos

+ Aditivos a base de fósforo. Suelen ser del tipo *triarilfosfato* o *triarilfosfotionatos*.

+ Zinc dialquil difosfato

\* EP

Reducen la fricción permitiendo que la película lubricante soporte mayores cargas y las superficies deslicen más fácilmente. Los compuestos de extrema presión se pueden dividir en:

+ Compuestos sulfurados. Dentro de los compuestos sulfurados, hay diferentes tipos:

- *Ésteres sulfurizados*
- *Compuestos del tipo ditiocarbamato (de Pb y de Sb)*
- *Compuestos que sólo contienen azufre*. Dentro de estos, tenemos dos tipos:
  - A) Polisulfuros
  - B) Mercaptanos
  - C) Otros compuestos de azufre

+ Compuestos clorados. Corresponden a parafinas cloradas.

+ Compuestos de fósforo. Son tipo amina fosfatada.

+ Naftenatos. Son sales de ácido nafténico. Pueden ser de plomo o de zinc.

+ Mezcla de los anteriores

+ Otros. Son compuestos del tipo borato potásico. Estos compuestos vienen estabilizados con glicerina.

## 5. CLASIFICACIÓN DE LAS GRASAS

- Grado de consistencia de una grasa

El NGLI (National Lubricating Grease Institute), establece una clasificación de las grasas en función de su consistencia. Una grasa aumenta su consistencia al aumentar el contenido en espesante. La cantidad de espesante en una grasa varía desde el 2% (grasas muy fluidas) hasta el 25% (grasas más consistentes).

El sistema para clasificar las consistencias de las grasas, se define por la penetración producida por la caída de un cono estándar en una muestra de grasa (ASTM-D-217). Dependiendo del valor obtenido en esta prueba, la grasa se clasifica en uno de los 9 grados que se muestran en la tabla 6 que a tal efecto define el NLGI. Estos grados van desde el 000 para las grasas más fluidas, hasta el 6 para las grasas de mayor consistencia.

Grado NGLI	Penetración a 25°C (mm)	Aplicaciones
<b>000 (líquida)</b>	445-475	Engranajes
<b>00 (líquida)</b>	400-430	Engranajes
<b>0 (semi-fluída)</b>	355-385	Cojinetes. Sistemas centralizados
<b>1 (semi-fluída)</b>	310-340	Cojinetes. Sistemas centralizados
<b>2 (blanda)</b>	265-295	Cojinetes
<b>3 (regular)</b>	220-250	Cojinetes
<b>4 (semidura)</b>	175-205	Cojinetes lisos. Grasa en briquetas
<b>5 (dura)</b>	130-160	Cojinetes. Grasa en briquetas
<b>6 (extra-dura)</b>	85-115	Cojinetes. Grasa en briquetas

Tabla 6. Grados de consistencia de una grasa según ASTM D 217

NOTA: No deben bombearse grasas con NGLI > 2

- Influencia de la temperatura en la consistencia de una grasa.

A altas temperaturas, el comportamiento de una grasa dependerá en gran medida de la naturaleza del aceite y del tipo de espesante que componga la grasa, pero por lo general, un aumento de temperatura provocará una disminución progresiva de la consistencia hasta alcanzar un punto en el que la estructura reticular del espesante se destruye, liberando el aceite por completo. La temperatura a la que se produce esta rotura va a depender principalmente del tipo de espesante. Variaciones de temperatura ambiente, no van a tener un efecto apreciable sobre la consistencia de una grasa en particular.

## 6. INCOMPATIBILIDAD DE GRASAS

Debido a la naturaleza de los diferentes tipos de espesantes empleados en grasas lubricantes, es necesario asegurarse, en el momento de cambiar de un tipo a otro, que el resultante de la mezcla sea compatible. También se debe tener en cuenta que los fluidos lubricantes incorporados en las grasas sean compatibles. La tabla siguiente es una guía de incompatibilidades entre diferentes grasas según el espesante.

	COMPLEJO AI	BARIO	CALCIO	CALCIO ANHIDO	COMPLEJO DE Ca	BENTONITA	LITIO	LITIO-12 HIDROXI	COMPLEJO DE Li	POLIUREA
COMPLEJO DE AI	X	I	I	C	I	I	I	I	C	I
BARIO	I	X	I	C	I	I	I	I	I	I
CALCIO	I	I	X	C	I	C	C	B	C	I
CALCIO ANHIDRO	C	C	C	X	B	C	C	C	C	I
COMPLEJO DE Ca	I	I	I	B	X	I	I	I	C	C
BENTONITA	I	I	C	C	I	X	I	I	I	I
LITIO	I	I	C	C	I	I	X	C	C	I
LITIO-12 HIDROXI	I	I	B	C	I	I	C	X	C	I
COMPLEJO DE Li	C	I	C	C	C	I	C	C	X	I
POLIUREA	I	I	I	I	C	I	I	I	I	X

Tabla 7. Incompatibilidades entre diferentes grasas según el espesante

I: Incompatible

B: Medianamente compatible

C: Compatible