

MAGNA

INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN



GESTOR EN TRIBOLOGÍA & LUBRICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO

Módulo II: Lubricantes y Lubricación

- Clasificación de lubricantes según su base: aceites minerales, sintéticos y biodegradables
- Selección de lubricantes según aplicaciones y condiciones operativas
- Métodos de aplicación de lubricantes: lubricación por goteo, circulación, pulverización, etc.

Escalera del conocimiento



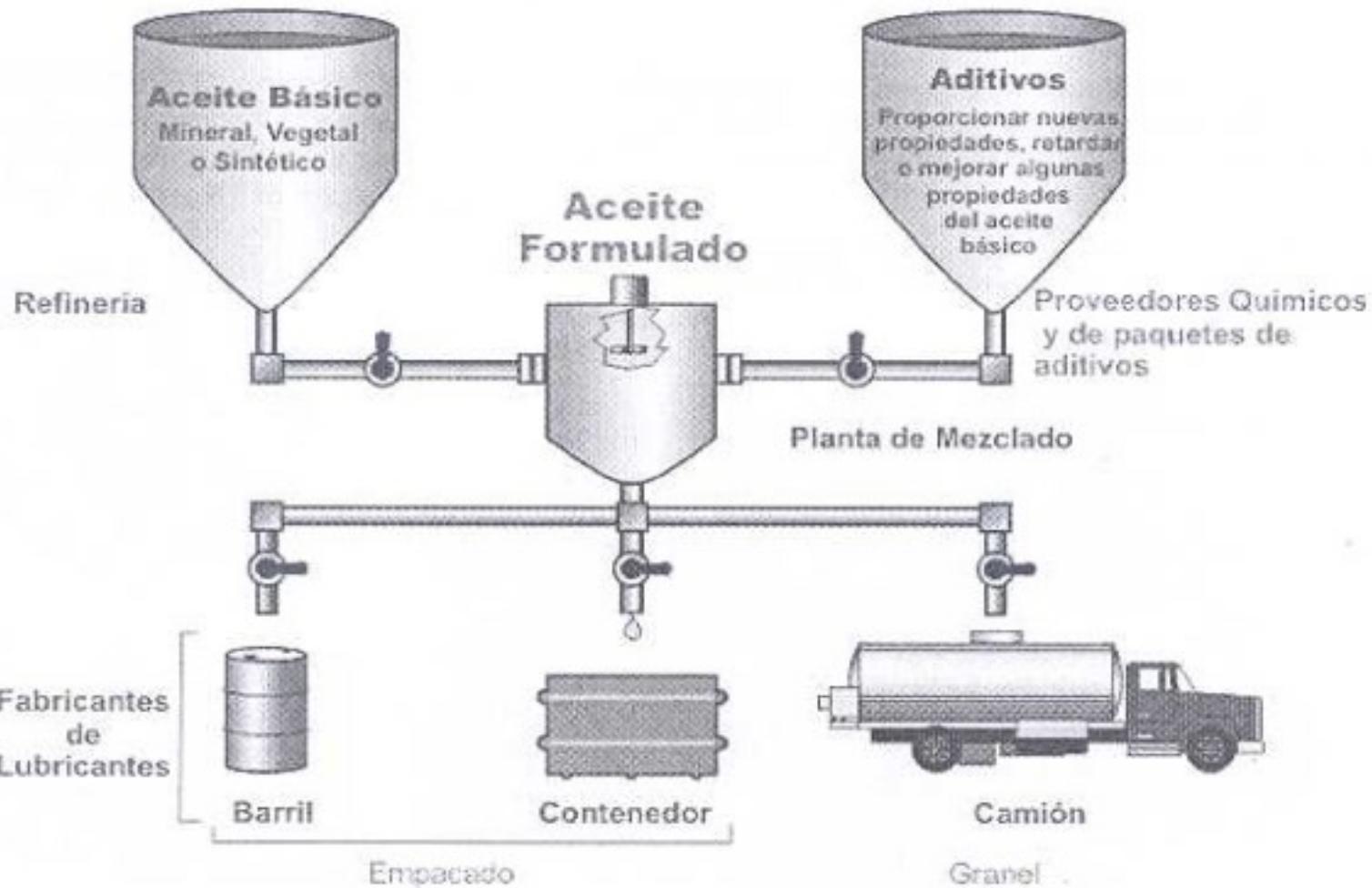
FORMULACION DE LUBRICANTES PARA TIPOS DE MAQUINAS PARA LOGRAR CONFIABILIDAD, AHORRO DE ENERGIA,SEGURIDAD Y PROTECCION AMBIENTAL

FORMULACION DE LUBRICANTES

Moleculas comunes en basicos minerales

	Parafínicos	Nafténicos
Petróleo	Continente medio, mar del norte, medio oriente	Sudamérica, regiones costeras del golfo de México
% Parafinas	45-60	15-25
% Nafténicos	20-30	65-75
% Ceras	1-10	Trazas
Índice de viscosidad	95-105	30-70
Punto de fluidez	Afectado por las ceras	Afectado por la viscosidad (más bajo que los parafínicos)
Punto de inflamación	Mayor que los nafténicos	Menor que los parafínicos
Solvencia de aditivos	Regular a pobre	Buena
Aplicaciones	Aceites de motor, hidráulicos, turbinas (cojinetes), engranajes y rodamientos	Aceites para locomotoras, compresores de refrigeración y fluidos refrigerantes

Cómo se Formulan los Aceites



TIPOS DE ACEITE BASE

Aceites minerales

- Grupo I
- Grupo II
- Grupo III

Aceites sintéticos

- Compuestos halogenados
- Poliglicoles (PAG)
- Poliéster
- PAO
- Siliconas
- Ésteres
- Ésteres fosfatados (resistencia al fuego)
- Polioles y ésteres de ácido dibásico

Aceites vegetales (ésteres naturales)

- Canola
- Soya
- Girasol
- Maíz

Aceites base agua

(Principalmente para resistencia al fuego y con fines ambientales)

- Agua glicol
- Emulsiones
 - Agua en aceite
 - Aceite en agua
- Soluciones sintéticas

Sistema típico de aditivos de un fluido hidráulico antidesgaste (AW)

Antidesgaste	0.5%
Antiherumbre	0.05%
Depresor del punto de fluidez	0.2% (problemas de cavitación)
Desactivador de metales	0.0003%
Antioxidante	0.2%
Demulsificante	0.001%
Inhibidor de espuma	0.001%
Modificador de viscosidad	2-10%

- **Aceites minerales.** Provienen del refino del petróleo.

- **Aceites semi-sintéticos.** Aceites obtenidos mediante la mezcla de una base mineral con una sintética.

(*Aceites hidrocraqueados.* Derivados del petróleo y los más refinados que pueden conseguirse a partir de aceite mineral. Por lo general son etiquetados como semi-sintéticos o sintéticos.)

- **Aceites sintéticos.** Fabricados químicamente, perfeccionan todas las propiedades que un buen lubricante puede tener. Poseen un alto grado de pureza y aportan características casi ideales (resistencia a la oxidación, menor aditivación,...) que les confieren un mejor rendimiento:

- Intervalos más largos entre cambios de aceite
- Menor consumo de combustible
- Mayor vida útil del motor

Aquí presentamos la tabla del American Petroleum Institute

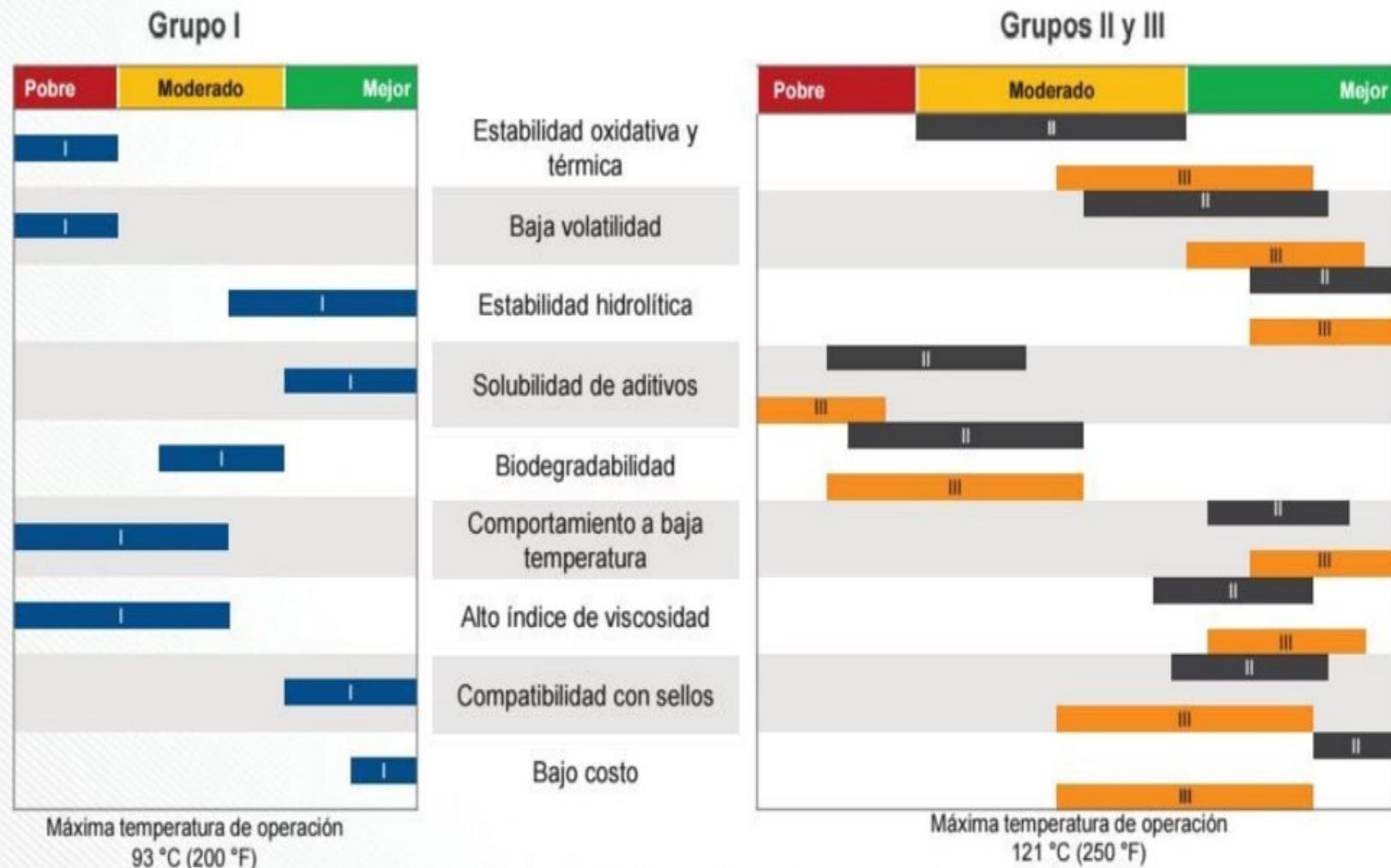
Categorías de Aceite Básico API

	Categoría	Proceso	Azufre (%)		Moléculas Saturadas (%)	Índice de Viscosidad
Mineral	Grupo I	Refinado con Solventes	>0.03	y/o	<90	80 a 120
	Grupo II	Hidrotratado	<0.03	y	>90	80 a 120
	Grupo III	Hidrotratado	<0.03	y	>90	>120
Sintético	Grupo IV	PAO - Polialfaolefina				
	Grupo V	Todos los aceites básicos no incluidos en grupos I, II, III, o IV				

Comprenden <90% del volumen de todos los sintéticos

- Hidrocarburos sintéticos (SHF, SHC)
- Polialfaolefinas (PAO)
- Polyglicoles
- Ésteres orgánicos
- Ésteres fosfatados
- Otros fluidos lubricantes sintéticos

COMPARACION ENTRE LOS BASICOS MINERALES



*Estabilidad hidrolítica – La habilidad de un lubricante y sus aditivos para resistir la descomposición térmica en la presencia de agua.

**Solubilidad de aditivos – La habilidad de un lubricante para mezclarse con aditivos.

CONDICIONES EN LAS QUE SE REQUIERE UN ACEITE SINTETICO

	<h3>Resistencia al fuego</h3> <ul style="list-style-type: none">• Sistemas EHC de turbinas de gas y vapor• Aviación• Minería• Fundición y acerías	<h3>Biodegradabilidad</h3> <ul style="list-style-type: none">• Forestal• Aplicaciones bajo tierra• Aplicaciones sensibles al medio ambiente• Agricultura 
	<h3>Temperaturas extremas</h3> <ul style="list-style-type: none">• Temperaturas extremadamente bajas (aceites con bajo punto de fluidez)• Temperaturas extremadamente altas (alta estabilidad térmica y oxidativa)• Amplio rango de temperatura (aceites con alto IV)	<h3>Desempeño</h3> <ul style="list-style-type: none">• Estabilidad a la oxidación (exposición a ambiente catalítico)• Resistencia química• Resistencia a la formación de depósitos• Compatibilidad con sellos 

FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS SINTETICOS

Tipo	Fortalezas	Debilidades	Aplicaciones
Polialfaolefinas (PAO)	Alto IV, alta estabilidad térmica y oxidativa, baja volatilidad, buenas propiedades de fluidez a bajas temperaturas, no tóxico y compatible con aceites minerales	Limitada biodegradabilidad, limitada miscibilidad con aditivos, riesgo de encoger sellos	Aceites de motor de combustión interna, compresores, engranajes, grasas para alta temperatura, aplicaciones lubricadas de por vida
Diésteres y poliol ésteres	No tóxico, biodegradable, alto índice de viscosidad, buenas propiedades a baja temperatura, miscible con aceites minerales	Solo para baja viscosidad, pobre estabilidad hidrolítica, limitada compatibilidad con sellos y pinturas	Aceite para compresores, grasas de alta temperatura, co-base con PAO's, aceites para rodamientos, engranajes, niebla de aceite, turbinas de aviación
Ésteres fosfatados	Resistente al fuego, excelente protección contra el desgaste y el rayado	Bajo IV, limitada compatibilidad con sellos, no biodegradable, no miscible con aceites minerales, moderada estabilidad hidrolítica	Fluidos hidráulicos resistentes al fuego en generación de energía, fábricas, buques, minería, aviación, equipo móvil, turbinas de gas
Polialquilén glicol (PAG)	Excelente lubricidad, no tóxico, buena estabilidad térmica y oxidativa, alto índice de viscosidad	Aditivos poco miscibles, no miscibles con aceites minerales, no biodegradables, limitada compatibilidad con sellos y pinturas	Compresores de refrigeración, fluidos para frenos (soluble en agua), fluidos hidráulicos resistentes al fuego (soluble en agua), engranajes sinfín y engranajes de alta temperatura, lubricantes para cadenas, lubricantes grado alimentario H1
Siliconas y Perfluoropolíéteres (PFPE)	El mayor índice de viscosidad, alta estabilidad química, excelente compatibilidad con sellos, muy buena estabilidad térmica y oxidativa	El peor desempeño en lubricación mixta y límite, no miscible con aceites minerales y aditivos	Fluidos hidráulicos de alta temperatura, grasas, lubricantes en contacto con químicos, algunos fluidos para frenos

COMPATIBILIDAD DE ELASTOMEROS CON FLUIDOS SINTETICOS

L – Límite
I – Inaceptable
S – Satisfactoria
P – Parcialmente aceptable o confirmar con el proveedor de lubricantes

Tipo de aceite básico	Material del sello							
	Buna N	Butil	Karlez®	Neopreno	Nordel®	Silicon	Tefón®	Viton®
Aceite mineral	S	I	S	S	I	S	S	S
Ésteres orgánicos	L	I	S	I	I	I	S	S
Poliglicol	S	S	S	S	S	S	S	S
Ésteres fosfatados	I	S	S	I	S	S	S	P
Silicones	S	S	S	S	S	P	S	S
Polibutenos	P	S	S	P	S	S	S	S
Ésteres fluorinados	S	S	P	S	S	S	S	S
Hidrocarburos sintetizados	L	I	S	S	I	I	S	S
Hidrocarburos cloro fluorinados	S	S	S	S	S	S	S	L
Temperatura límite (en servicio continuo) del elastómero °C	110	120	290	110	150	230	260	205

OPCIONES DE BASICOS PARA DIFERENTES TIPOS DE LUBRICANTES

Lubricantes industriales

Lubricante	Mineral	PAO	PAG	Díster	Poliéster	Ester fosfatado	Silicón
Compresores de aire	X	X	X	X	X		
Cajas de engranajes industriales (llenadas de por vida, corona sinfin)			X				
Compresores de refrigeración	X	X	X**		X		
Lubricantes para cables de acero	X						
Compresores de gas natural			X				
Compresores de gases químicos			X				
Compresores de gas de alta pureza (helio, nitrógeno)			X				
Lubricantes para cadenas industriales (alta temperatura)			X				
Turbinas de gas industriales ^{(*)/tipo aeroderivada (**)}	X ^(*)	X ^(*)		X ^(*)	X ^(*)		
Engranajes, rodamientos, circulación	X	X	X	X	X		
Compresores de oxígeno						X	X
Fluidos hidráulicos resistentes al fuego			X		X	X	
Fluidos hidráulicos uso general	X	X					
Grasas	X	X	X	X	X		X
Aceites grado alimentario	X*	X	X		X		

Lubricantes automotrices

Lubricante	Mineral	PAO	PAG	Poliéster	Díster	Poliéster	Ester fosfatado
Transmisiones automáticas	X	X			X		
Aire acondicionado automotriz			X			X	
Grasas	X	X					X
Aceite para motores de dos tiempos	X			X	X		
Aceites para motor	X	X			X	X	
Fluidos para frenos			X				
Aceites para engranajes (multigrado)	X	X		X			X
Amortiguadores	X	X					

* Aceites blancos

** Compresores que utilizan amoníaco como refrigerante

Un Aceite debe llevar a cabo las siguientes funciones:

1. Formar la película lubricante ho, y desde ya separar el cuerpo y contra cuerpo

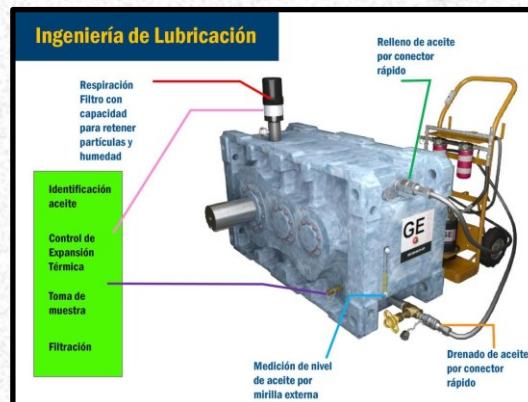
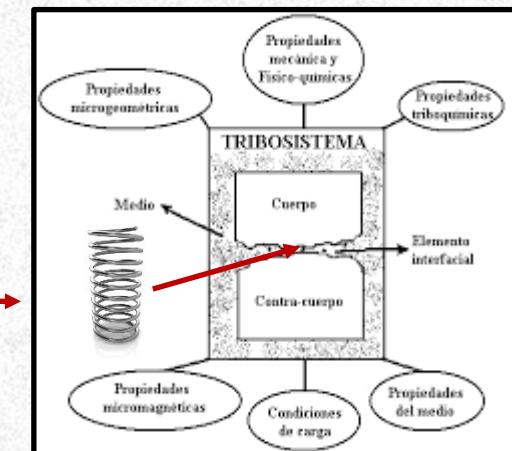
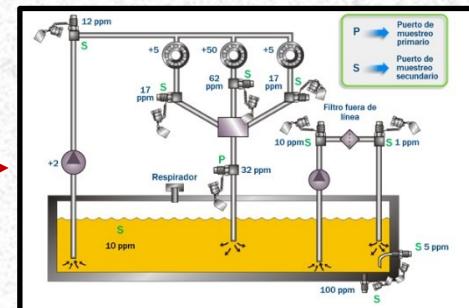
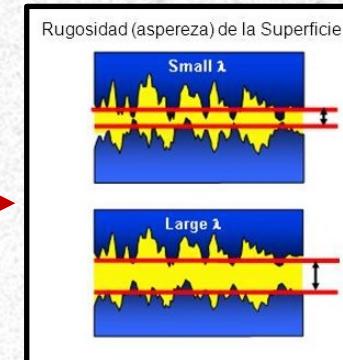
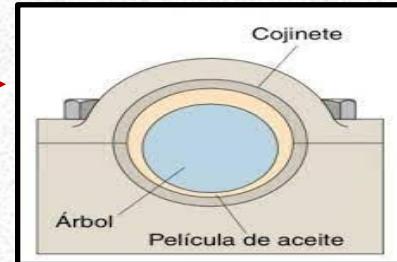
2. Reducir al máximo la fricción (Fricción Solida, fricción mixta y Fricción fluida)

3. Absorber la máxima cantidad de calor de los componentes en zonas de fricción y evacuarlo

4. Amortiguar el efecto de las cargas dinámicas. Si no es efectivo se presenta desgaste por fatiga superficial. Por esto un aceite (Amortigua), es diferente a un fluido hidráulico) (Transmite Potencia).

5. Evacuar impurezas (Código de limpieza ISO 4406:99). Limpiar o lavar (SAE en M.C.I.)

FUNCIONES DE UN LUBRICANTE



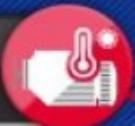


LA FUNCIÓN DEL LUBRICANTE

ENFRIAR EL MOTOR



Garantiza las propiedades térmicas y mecánicas de cada pieza y evita las deformaciones



PROTEGER DEL DESGASTE Y DE LA CORROSIÓN



Aumenta la vida útil del motor



REDUCIR LAS FRICTIONES



Mejora el rendimiento y disminuye el consumo de combustible

GARANTIZAR LA LIMPIEZA DEL MOTOR



Impide la formación de depósitos y evacúa las impurezas



REFORZAR LA IMPERMEABILIDAD



Mejora la eficiencia y la potencia del motor



FUNDAMENTOS, PRINCIPIOS Y PROPIEDADES FISICO Y QUIMICAS DE ACEITES Y GRASAS LUBRICANTES

La lubricación, es el proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada) entre las superficies, cuerpo y contra cuerpo. La película de lubricante interpuesta puede ser un aceite, grasa lubricante o un sólido, (por ejemplo, grafito, MoS₂).

Razón básica de Lubricación:

LUBRICAR = SEPARAR



Porque debemos cambiar los aceites y grasas:

- 1. Degradación del aceite base**
- 2. Agotamiento de los aditivos**
- 3. Contaminación**



ADITIVOS:

Los aditivos son sustancias químicas que se añaden a las bases lubricantes, para mejorar determinadas propiedades, impartir nuevas características y eliminar propiedades indeseables, con el fin de obtener aceites lubricantes con cualidades específicas. La calidad del lubricante depende no solo del tipo de base lubricante y de los procesos de refinación, sino de la calidad y tipo de aditivos utilizados. Un básico solo, no contiene todas las características necesarias para que el desempeño del lubricante sea óptimo, por ello, es necesario añadir los aditivos.

Prácticamente todos los tipos de aceites lubricantes contienen al menos un aditivo y algunos contienen varios tipos diferentes de ellos. Adicionalmente a los efectos beneficiosos que producen, los aditivos pueden tener efectos colaterales perjudiciales, especialmente si la dosis es excesiva o si ocurren reacción entre ellos por contaminación cruzada de aceites o por adición de un aditivo al aceite sin criterio alguno.

“Los aditivos son como los KAMIKAZES: Al ejecutar su tarea, trabajo se mueren



ROL DE LOS ADITIVOS EN LA FORMULACION DE LOS LUBRICANTES



Dentro sus características mas importantes tenemos:

- **Reduce el desgaste en componentes**
- **Reduce la espuma**
- **Disminuir la velocidad a la cual ocurren ciertas reacciones, como por ejemplo la oxidación que resulta indeseable en el aceite durante su periodo de servicio**
- **Reduce la corrosión y herrumbre**
- **Reduce la suciedad**
- **Neutraliza ácidos**
- **Resiste altas cargas**
- **Proteger la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes**
- **Mejorar las propiedades fisicoquímicas del lubricante o proporcionarles otras nuevas**
- **Protege las superficies lubricadas y aporta propiedades especiales al básico**
- **Confiere propiedades específicas**
- **Protege al lubricante durante su servicio**
- **Mejora el comportamiento: Viscosidad Vs Temperatura (.I.V.)**

ADITIVOS

Inhibidor de herrumbre 0.05 %

Modificador de Viscosidad 2 -10 %

Depresor de punto de fluidez 0.2 %

Desactivador de metales 0.0003 %



ADITIVOS

Aceite Base (mineral o sintético)

Antidesgaste 0.5 %

Antioxidante 0.2 %

Antiespumante 0.001 %

Demulsificante 0.001 %

FORMULACION DEL ADITIVO EN EL ACEITE

Aceite Industrial (Hidráulico, Turbinas, engranes, compresores, etc.):

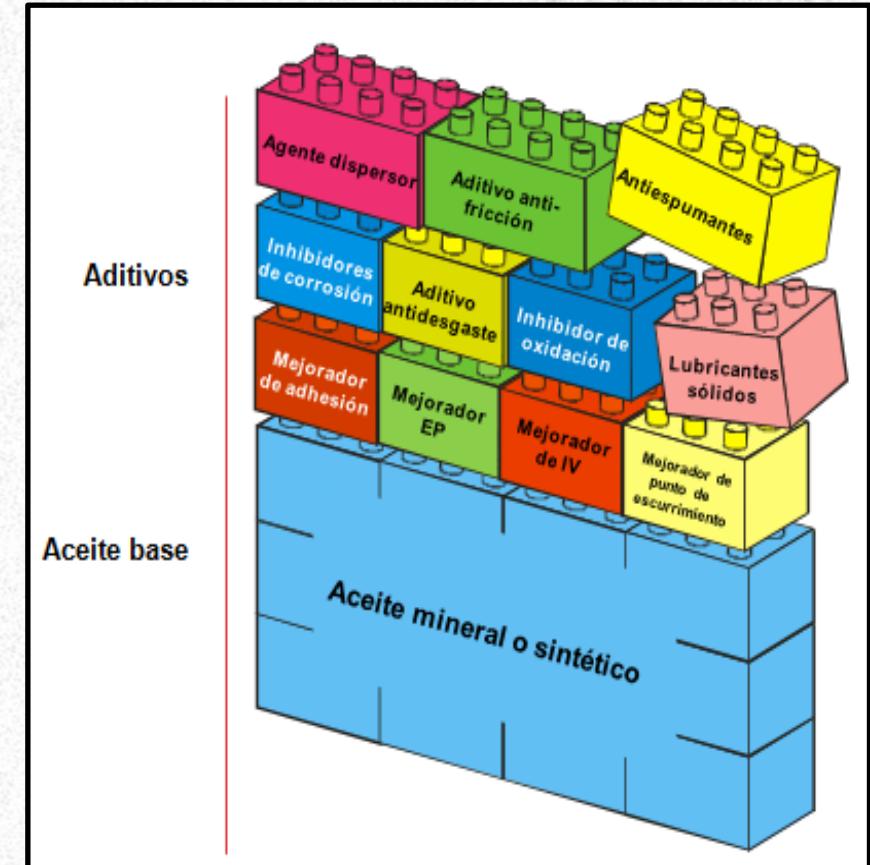
Básicos: 95 al 99 %

Aditivos: 1 al 5 %

Aceite para Motores de combustión interna (Diesel, gasolina, Marinos. etc.):

Básicos: 70 al 90 %

Aditivos: 10 al 30 %



TIPOS DE ADITIVOS

a) Aditivos modificadores de propiedades físicas

- Mejoradores del indicie de viscosidad (I.V.)
- Depresores del punto de fluidez

b) Aditivos modificadores de propiedades químicas

- Inhibidores de la oxidación
- Inhibidores de la corrosión
- Inhibidores de la herrumbre y oxidación (R&O) – (Aminas y Fenoles – Aceites de Turbinas
- Anti emulsionantes
- Colorantes



c) Aditivos modificadores de propiedades físico - químicas

- Aditivos detergente-dispersante (Calcio-Ca , Magnesio-Mg ,Bario-Ba, Sodio-Na) – M.C.I.
- Aditivo Antiespumante (Si - Silicio) – Todos los Aceites
- Aditivo Anti desgaste (AW – Antiwear) – (Fosforo-P, Zinc-Zn y ZDDP) - Aceites Hidráulicos
- Agente de Extrema Presión (EP) – (Fosforo-P, Azufre-S) - Aceites para Engranajes Acero-Acero
- Modificador de Fricción (Comp) – Aceites de Engranajes Sin Fin Corona

POLARIDAD DE LOS ADITIVOS

Es la atracción direccional natural de las moléculas del aditivo con otros materiales polares en contacto con el aceite.



Cosas que son polares

Agua, esponja, vidrio, tierra, metales, pulpa de madera

Cosas que no son polares

Teflón, aceite básico mineral, cera, repelentes de agua

ADITIVOS	Desactivadores de metales, detergentes y dispersantes	Agentes emulsificantes	Aditivos AW y EP, agentes de lubricidad e inhibidores de herrumbre y corrosión
REACCIÓN	El aditivo se adhiere a la superficie de la partícula	La cabeza polar del aditivo se adhiere a la micro-gota de agua	Los aditivos se anclan a la superficie metálica
MECANISMO POLAR	Envolviendo partículas	Emulsionando el agua	Los aditivos recubren las superficies metálicas

PRINCIPALES TIPOS DE ADITIVOS EN LA INDUSTRIA

TIPO	ADITIVOS
ENGRANAJES CON ALTA CARGA	EP (EXTREMA PRESION) P,S,B
ENGRANAJES SINFÍN CORONA	COMP (COMPUESTOS) ACIDOS GRASOS
HIDRAULICOS	AW (ANTIDESGASTE) P, Zn
CIRCULACION TIPO TURBINAS	R&O (ANTIHERRUMBRE Y ANTIOXIDANTES) AMINAS, FENOLES
COMPRESORES DE AIRE Y CO2	R&O (ANTIHERRUMBRE Y ANTIOXIDANTES) AMINAS, FENOLES
MOTORES DIESEL	CALCIO, MAGNESIO, BARIO, FOSFORO, ZINC,SODIO,BN

TABLA DE ADITIVOS MAS COMUNES A MONITOREAR

SILICIO (Si)	TIPO DE ACEITE	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Sodio (Na)	Bario (Ba)	Zinc (Zn)	Fósforo (P)	Azufre (S)	ZDDP	Fenol Aminas
●	Turbinas R&O						● *			●
●	Hidráulico AW					●	●		●	
●	Engranes EP						●	●		
●	Compresores						● *			●
●	Motor combustión interna	●	●	●	●	●	●		●	
●	Engranes automotrices						●			

RESUMEN

Industriales: Zn, P, Si
Automotrices: Ca y/o Mg, Zn, P, Si (Na, detergente. Poco común)

*excepcionalmente

ADITIVOS SOLIDOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LA FRICTION Y EL DESGASTE

Tipo	Descripción	Aplicaciones	Ventajas	Desventajas
Bisulfuro de molibdeno Moly (MoS_2)	Es una suspensión de polvo que se usa para impartir un desempeño anti rozamiento y antidesgaste especial. Excelente adherencia a las superficies. Las partículas de molibdeno varían en tamaño: partículas pequeñas (<2 micrones) para superficies lisas y partículas grandes (> 5 micrones) para superficies más rugosas.	Engranajes de alta carga/baja velocidad. Grasas y aceites de alta viscosidad donde se esperan condiciones de lubricación escasa.	El compuesto del bisulfuro provee buena adherencia a la superficie.	Afectado por asentamiento y filtración.
Grafito	Es un cristal de carbono negro-grisáceo dispuesto en capas hexagonales. Proporciona baja fricción solo cuando se "intercala" con vapor de agua u otros vapores condensables.	Engranajes de alta carga/baja velocidad. Grasas y aceites de alta viscosidad donde se esperan condiciones de lubricación escasa.	Baja fricción, buena adherencia a la superficie.	Afectado por asentamiento y filtración.
Borato	Ésteres de ácido bórico o boratos inorgánicos finamente dispersos en aceite o grasa. Forman esferas pequeñas de 0.1 micrones de diámetro. Las partículas de borato sólido se pegan a la superficie de contacto, por fuerzas eléctricas adhesivas y funcionan como rodamientos microscópicos. Incrementan la dureza de las superficies.	Engranajes de alta carga/baja velocidad. Grasas y aceites de alta viscosidad donde se esperan condiciones de lubricación escasa.	Partículas pequeñas. A diferencia de los aditivos EP de azufre fósforo, los boratos no son corrosivos.	Asentamiento (fase blanca). Son ligeramente solubles en agua y pueden disolverse o desvincularse de los metales en presencia de agua.
PTFE (Teflón)	Polímero sólido blanco.	Engranajes de alta carga/baja velocidad. Grasas y aceites de alta viscosidad donde se esperan condiciones de lubricación escasa.	Altamente resistentes al ataque químico.	Afectado por asentamiento y filtración.

Estándares internacionales: Clasificación NLGI de grasas (ASTM D271) y características de las grasas y sus espesantes

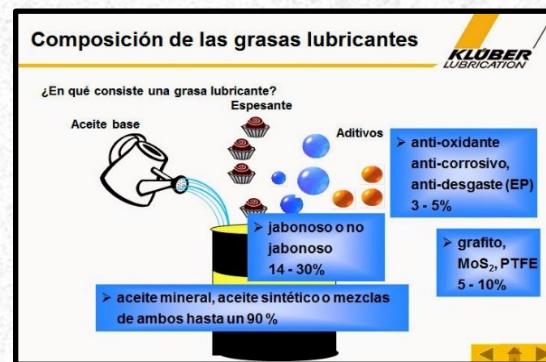
Grasa= Aceite Base (70-95%) + Aditivos + Espesante(5-30 %)

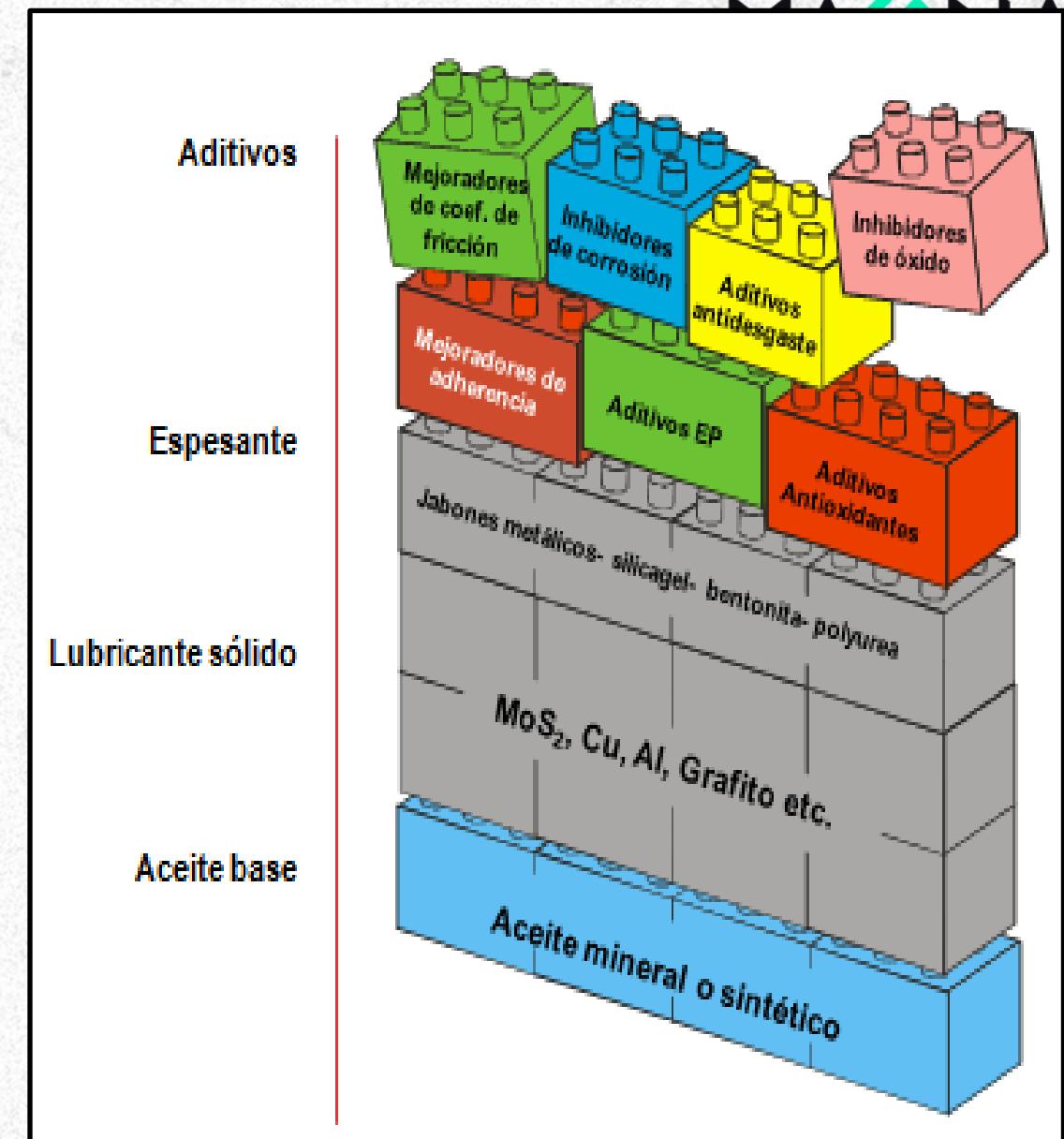
Jabones Metálicos:

- Litio
- Aluminio
- Calcio
- Bario
- Sodio
- Complejos
- Base mixta

No Jabones

- Polyurea
- Arcilla
- Silicón
- Bentonita
- PTFE (Teflón)





CARACTERISTICAS DE LOS ESPESANTES DE LA GRASA

Tipo	Jabón complejo		Jabón simple
Litio <i>*La mejor grasa multipropósito</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Fibras cortas – suave ♦ - Mecánicamente estable ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Bombearable ♦ - Alta temperatura ♦ - Resistente al agua ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Canalización, buena para rodamientos de alta velocidad ♦ - Buena en la mayoría de sus propiedades ♦
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> - Fibras cortas ♦ - Grado alimentario: H1 ♦ - Alta temperatura ♦ - Resistente al agua ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Altas cargas ♦ - Compatibilidad O - Acería, minería ■ 	<ul style="list-style-type: none"> - Fibras largas O - Baja estabilidad mecánica al corte O - Pobre bombeabilidad O
Calcio	<ul style="list-style-type: none"> - Grado alimentario: H1 ♦ - Resistente al agua ■ - Alta temperatura ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto sangrado estático O - Pobre bombeabilidad O 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia al agua ♦ - Pobre estabilidad a la oxidación O - Pobre desempeño en alta temperatura O
Bario	<ul style="list-style-type: none"> - Fibras cortas ♦ - Alta temperatura ♦ - Resistente al agua ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Pegajosa, tenaz ♦ - Chasis/rodamientos de ruedas ■ 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta temperatura ♦ - Resistente al agua ♦ - Fibra larga O - Baja estabilidad mecánica – corte O - Pobre bombeabilidad O

Rojo ■ indica por qué es conocida la grasa

Negro ♦ representa las fortalezas

Azul O representa las debilidades

Tipo	No jabonosa		
Sulfonato de calcio	<ul style="list-style-type: none"> - Grado alimentario H1 ■ - Resistente al agua ■ - Bajo sangrado ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta temperatura ■ - Mecánicamente estable ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta carga – EP intrínseca ♦ - Acoplamientos mecánicos ■
Poliurea	<ul style="list-style-type: none"> - Alta temperatura ♦ - Larga vida ♦ - Bombearable ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo sangrado ♦ - No conductiva ♦ - Grado alimentario: H1 ■ 	<ul style="list-style-type: none"> - Ejes verticales ■ - Motores eléctricos ■
Silica gel	<ul style="list-style-type: none"> - Alta temperatura ■ 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo sangrado ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Bombearable ♦
Arcilla (Bentona)	<ul style="list-style-type: none"> - Alta temperatura ■ 	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia al agua ♦ 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo sangrado ♦
PTFE	<ul style="list-style-type: none"> - Alta temperatura ■ - Químicamente inerte ■ 		

DESEMPEÑO DE LOS ESPESANTES DE LA GRASA

	Aluminio	Sodio	Calcio - convencional	Calcio - anhidro	Litio complejo	Aluminio complejo	Calcio complejo
Temp. Punto de goteo (°F/°C)	230°F 110°C	325-350°F 163-177°C	204-221°F 96-105°C	275-290°F 135-143°C	500°F 260°C	470°F 243°C	500°F 260°C
Temp. Máxima de uso(°F/°C)	174°F 79°C	250°F 121°C	167°F 75°C	200°F 93°C	350°F 177°C	350°F 177°C	350°F 177°C
Resistencia al agua	Excelente	Mala a aceptable	Aceptable a bueno	Pobre a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Pobre a excelente
Estabilidad al trabajo mecánico	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Pobre a bueno	Bueno a excelente	Pobre a bueno	Pobre a bueno
Estabilidad a la oxidación	Pobre a excelente	Pobre a excelente	Pobre a excelente	Pobre a bueno	Pobre a excelente	Bueno a excelente	Bueno
Protección de herrumbre	Pobre a excelente	Pobre a excelente	Bueno a excelente	Pobre a excelente	Pobre a excelente	Pobre a excelente	Pobre a excelente
Bombeabilidad	Pobre a excelente	Pobre a excelente	Pobre a bueno	Pobre a aceptable	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno
Separación de aceite (sangrado)	Bueno	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente	Bueno a excelente
Apariencia	Suave y cremosa	Suave y cremosa	Suave y cremosa	Suave y cremosa	Suave y cremosa	Suave y cremosa	Suave y cremosa
Otras propiedades	Disponible en grados EP	Disponible en grados EP, reversible	Disponible en grados EP reversible	Antidesgaste y EP inherente	Disponible en grados EP	Disponible en grados EP	
Principales aplicaciones	Multiusos militar	Multiusos automotriz e industrial	Multiusos industrial	Multiusos automotriz e industrial	Multiusos automotriz e industrial	Multiusos automotriz e industrial	Alta temp. (Frecuente relubricación)

La grasa más común en uso actualmente

Propiedades	Calcio	Sodio	Litio	Complejo de Calcio	Complejo de Litio	Polyurea	Arcilla
Temperatura Máxima Operacional	80°C	120°C	120°C	130°C	160°C	180°C	200°C
Punto de Goteo	90°C	190°C	190°C	>300°C	280°C	>300°C	>300°C
Condiciones Húmedas	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si
Velocidad Máxima	Moderada	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta
Costo	Bajo	Bajo	Mediano	Mediano Alto	Alto	Muy Alto	Alto

Espesante	Resistencia contra agua	Resistencia contra alta Temperatura	Punto de Goteo °C	Velocidad
Calcio	Excelente	Muy Pobre	80 a 100	Pobre
Sodio	Pobre	Marginal	170 a 200	Pobre
Litio	Bueno	Bueno	175 a 205	Bueno
Complejo de Litio, Calcio, o Aluminio	Excelente	Excelente	>260	Bueno
Arcilla	Excelente	Sobresaliente	No Gotea	Bueno
Poliurea	Excelente	Excelente	>250	Sobresaliente

TIPOS DE ADITIVOS PARA GRASAS:

- **Anti Oxidantes: Mejora la vida de la grasa**
- **Mejoradores del I.V.**
- **Aditivos de Extrema Presión (EP): Protección contra micro soldaduras**
- **Agentes Anti desgaste (AW)**
- **Inhibidores de herrumbre**
- **Depresores del punto de fluidez**
- **Modificadores de fricción**
- **Aditivos Anti corrosión: Protege contra la corrosión**
- **Adhesivos**
- **Colorantes**
- **Aditivos Solidos: Grafito, Di Sulfuro de Molibdeno MoS₂**

IMPORTANCIA DE LA CONSISTENCIA DE LAS GRASAS

Alta consistencia (números NLGI más altos)

- Velocidad lenta, como la grasa de bloque de locomotora (Cojinete plano)
- Rodamientos de bolas/rodillos de alta velocidad (con aceite base de baja viscosidad)
- Para evitar el lavado de agua
- Para evitar el sangrado
- Para evitar problemas de fugas excesivas
- Altas temperaturas ambientales o de funcionamiento
- Para sellar el polvo ambiental (condiciones muy polvorrientas)

Baja consistencia (números NLGI más bajos)

- Rodamientos de elementos rodantes de baja velocidad (con alta viscosidad)
- Operación a baja temperatura
- Requisitos de bombabilidad
- Reductores "lubricados de por vida"

Seleccionar la consistencia:

- **NLGI 2: Para aplicaciones normales de rodamientos**
- **NLGI 3: Para rodamientos grandes, para aplicaciones vibratorias, en altas temperaturas del ambiente, para aplicaciones con eje vertical**
- **NLGI 1: En bajas temperaturas del ambiente, cuando la bombeabilidad es un problema**

Propiedades adicionales:

- **EP= En altas cargas, si hay cargas de impacto, si hay frecuentes arranques y paradas**
- **Grafito y MoS₂= Si rpm es muy bajo**

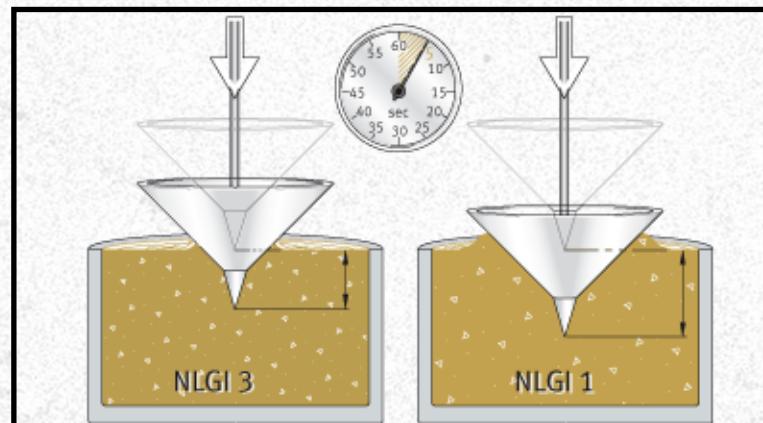
Nota: SI no hay requerimientos adicionales, utilizar Jabón de Litio y aceite base mineral

3.6.1 Grado NLGI (ASTM D 271)

El grado NLGI (National Lubricating Grease Intitute) indica la consistencia o penetración de la grasa, según ensayo ASTM D217. La escala NLGI va desde el 000, muy blanda, al 6, muy dura (no deben bombearse grasas con NLGI superior a 2).

Grado NLGI	Consistencia	Aplicaciones
000	Líquida	Engranajes
00	Líquida	Engranajes
0	Semi-fluida	Cojinetes. Sistemas centralizados
1	Semi-fluida	Cojinetes. Sistemas centralizados
2	Blanda	Cojinetes
3	Regular	Cojinetes
4	Semidura	Cojinetes lisos. Grasa en briquetas
5	Dura	Cojinetes. Grasa en briquetas
6	Extra-dura	Cojinetes. Grasa en briquetas

Tabla 3.6.1- Grados NLGI.



PROPIEDADES DE LAS GRASAS

Propiedad	Engranes abiertos	Rodamientos alta velocidad	Motores eléctricos	Acoplos	Rodamientos de ruedas	Juntas CV automotrices	Chasis ISE*	Multi-propósito
Estabilidad mecánica y estructural	■	■	■	■	■		■	■
Resistencia a la oxidación		■	■	■	■	●	■	■
Alto punto de goteo			■	■	■	●	●	■
Antidesgaste y antifricción	■	■	■	■	■	■	■	■
Protección contra herrumbre y corrosión	■	●	●	■	■	●	■	●
Protección contra lavado por agua	■		●		■	●	■	●
Propiedades extrema presión	■	●	●	●	■	●		■
Agentes de adhesividad	■			●			■	
Compatibilidad con elastómeros		●	●	●	■		■	●

■ Muy importante

● Algo importante

*Intervalo de Servicio Extendido

TABLA DE COMPATIBILIDADES DE LAS GRASAS

Simbología:	Aluminio complejo	Bario	Calcio	Calcio 12-hidroxi	Calcio complejo	Bentonita	Litio	Litio 12-hidroxi	Litio complejo	Poliurea*	Sodio	Sulfonato de calcio	Dióxido de silicio	
Aluminio complejo	/	■	■	●	■	■	■	■	●	●	■	■	■	●
Bario	■	■	■	●	■	■	■	■	■	■	■	■	■	●
Calcio	■	■	■	/	●	■	●	●	▲	●	■	■	N/D	N/D
Calcio 12-hidroxi	●	●	●	/	▲	●	●	●	●	●	■	■	N/D	N/D
Calcio complejo	■	■	■	▲	/	■	■	■	●	●	●	●	●	■
Bentonita	■	■	●	●	■	■	■	■	■	■	■	■	■	●
Litio	■	■	●	●	■	■	■	●	●	●	■	●	●	●
Litio 12-hidroxi	■	■	▲	●	■	■	■	■	●	●	■	●	●	N/D
Litio complejo	●	■	●	●	●	■	■	●	●	■	■	●	●	●
Poliurea*	■	■	■	■	●	■	■	■	■	*	■	■	■	■
Sodio	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sulfonato de calcio	■	▲	N/D	N/D	●	■	●	●	●	■	■	■	■	N/D
Dióxido de silicio	●	●	N/D	N/D	■	●	●	N/D	●	■	■	N/D	■	/

N/D = No determinada

*No todas las grasas de poliurea son mutuamente compatibles

FACTORES IMPORTANTES AL SELECCIONAR LA GRASA

Propiedad a considerar

Compatibilidad con la máquina y otros lubricantes

Resistencia de película, control de fricción y desgaste

Estabilidad térmica y oxidativa

Control de corrosión

Consistencia, resistencia al corte, movilidad

Separación y resistencia a las fuerzas G

Resistencia al agua

Factor principal de formulación

Aditivos

Tipo de espesante y concentración

Tipo de aceite básico

Viscosidad e IV del aceite básico

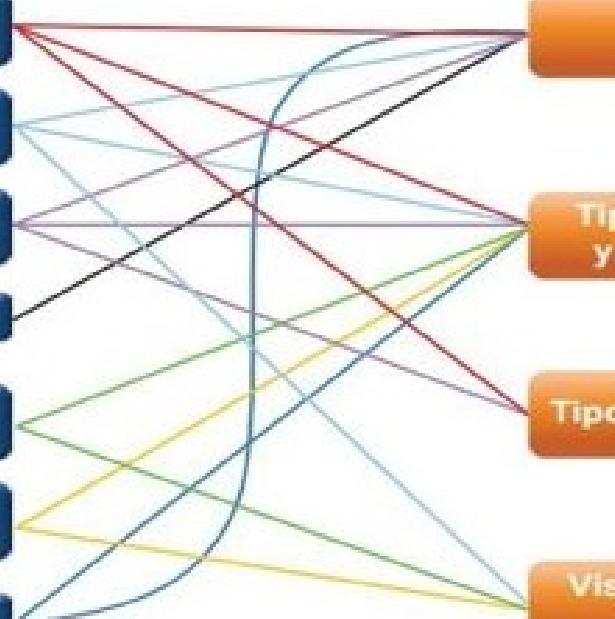
Ejemplos

- EP
- Antioxidantes
- Adhesivos
- Aditivos sólidos
- Mejoradores del IV
- Antiherumbrantes

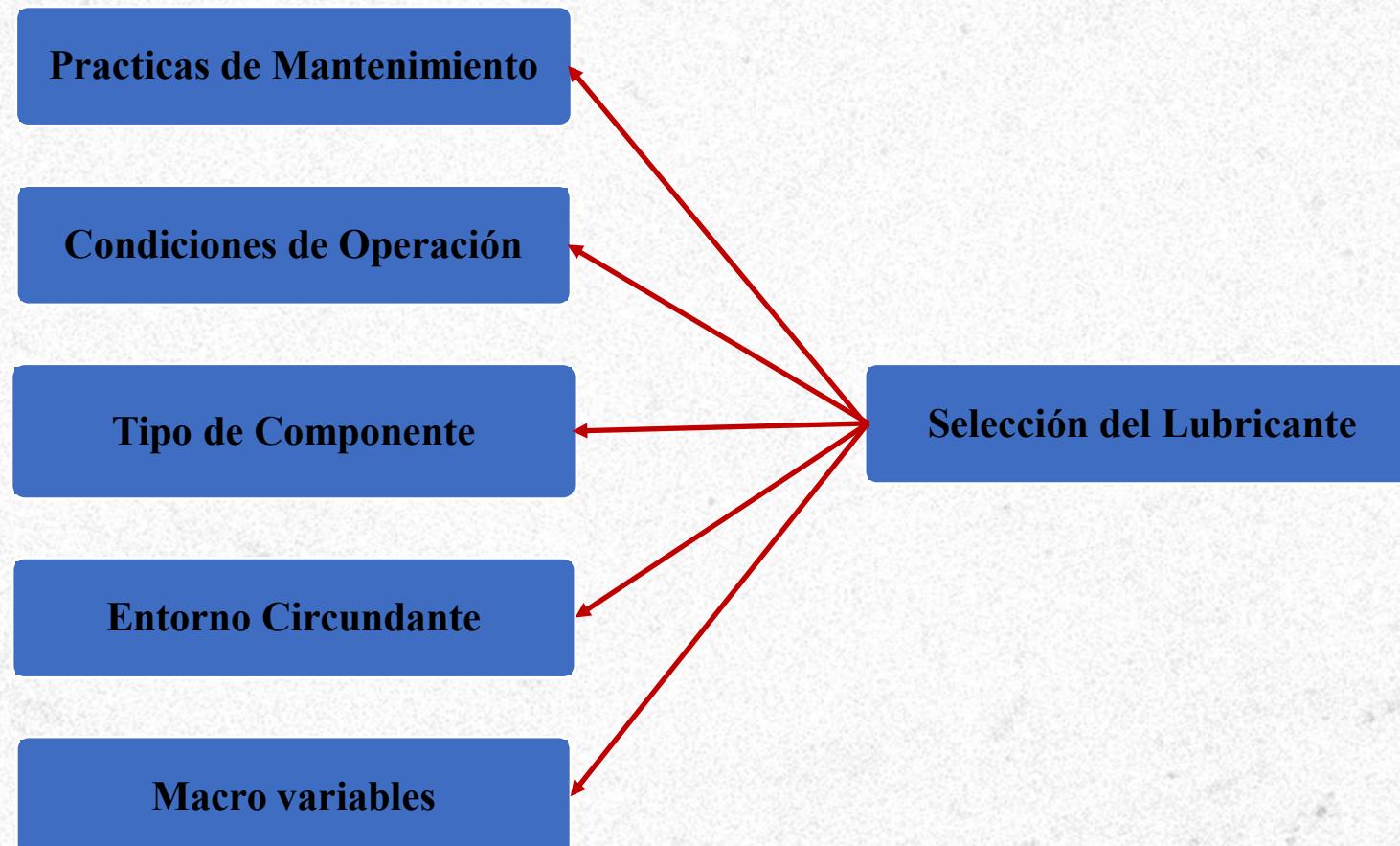
- Complejo de litio
- Calcio
- Poliurea

- Mineral
- PAO
- Diéster

- ISO VG 100
- ISO VG 220
- ISO VG 460



SELECCIÓN DE UN LUBRICANTE PARA UNA CONFIABILIDAD, SEGURIDAD, CONSUMO DE ENERGIA Y PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE SEGÚN EL TIPO DE MAQUINA Y LA APLICACION

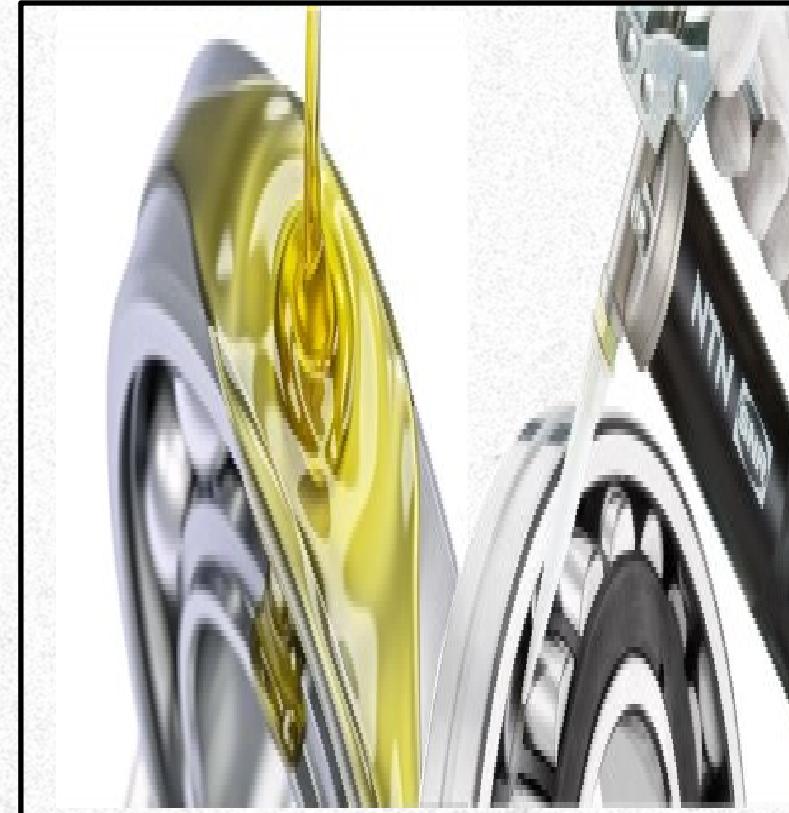
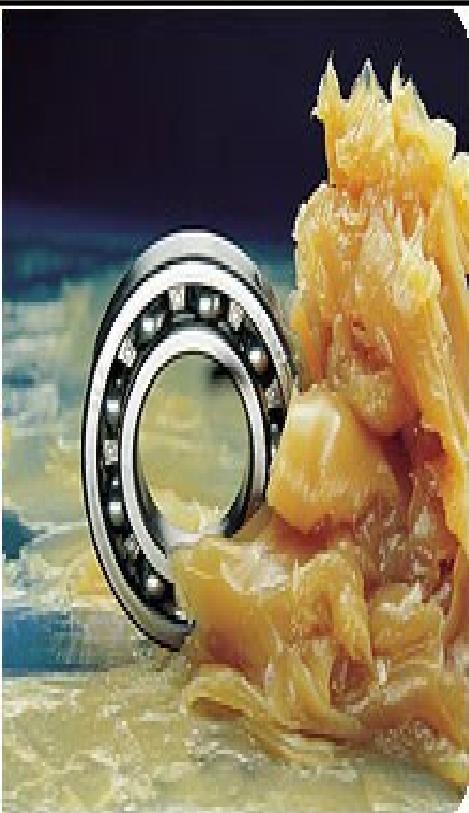


Preguntas que hacer al seleccionar un lubricante

- **¿Cuales son los requisitos del lubricante por tipos de componente?**
- **¿Donde pueden las macro variables influir en la selección de lubricantes a nivel de componentes?**
- **¿Qué impacto tienen las condiciones de operación en la selección de lubricantes?**
- **¿Qué impacto tiene el entorno circundante en la selección del lubricante?**
- **¿Cual es el contexto operacional donde trabajara el equipo?**
- **¿Cómo puede afectar la selección de lubricantes en las practicas de mantenimiento?**
- **¿Qué limitaciones existen dentro de la selección de lubricantes?**

SELECCIÓN DEL LUBRICANTE: ACEITE O GRASA

Dependiendo de las condiciones de operación, tales como velocidad, carga, temperatura y condiciones ambientales, se utiliza grasa o aceite. Por lo general, se utiliza mas la grasa que el aceite, porque permite mayores intervalos entre relubricaciones:



DIFERENCIAS:

El aceite funciona mejor en aplicaciones de alta velocidad y fricción extrema. También para los sistemas que funcionan regularmente a altas temperaturas, un sistema de circulación de aceite ayuda a enfriar los componentes.

La grasa funciona bien en aplicaciones de rodamientos que operan a velocidades moderadas donde las temperaturas no son excesivamente altas.

Ambas tienen sus propias ventajas específicas.



ACEITE:

Se emplea cuando el motor va a funcionar en sitios de poca contaminación o en medios bastante calurosos, porque permite evacuar mas fácilmente el calor generado.

El aceite utilizado puede ser una base mineral de alto I.V., con aditivos inhibidores de la herrumbre y de la oxidación R&O preferiblemente del tipo Turbina o para sistemas hidráulicos. También se pueden usar aceites sintéticos del tipo SHC. Los aceites con aditivos EP se deben utilizar con precaución y si es posible, evitarlos completamente, porque si pasan hasta el embobinado del motor, deterioran el aislamiento, causando un corto circuito. Por otro lado, pueden incrementar la corrosión de los cojinetes del babbitt.

La viscosidad del aceite que se debe utilizar en la lubricacion de los motores eléctricos varia con el diseño de los cojinetes y rodamientos, la velocidad, la carga y con la temperatura de operación.



LUBRICACION CON ACEITE

- **Más fácil de drenar y reemplazar los lubricantes de aceite**
- **La vida útil de los cojinetes o rodamientos lubricados con aceite puede durar más que la de los cojinetes lubricados con grasa.**
- **Es más fácil controlar la cantidad de lubricante a utilizar**
- **Más limpio que la grasa debido a la capacidad de arrastrar los contaminantes**
- **Mejores propiedades de refrigeración**
- **El mayor volumen disponible permite un mayor rendimiento de los aditivos disponibles**
- **Evita los problemas asociados con el engrase adecuado a las frecuencias apropiadas**
- **Menos consumo de energía durante el funcionamiento**
- **Mejores propiedades de arranque en frío**
- **Generalmente el diseño del equipo del fabricante decidirá si se requiere lubricación con grasa o aceite**



GRASA:

Es la mas común en la lubricacion de rodamientos de motores eléctricos, se utiliza mas que el aceite porque forma un sello que retiene con mayor facilidad contaminantes, como el polvo y la humedad, tiene menos tendencias a salirse del rodamiento y permite mayores periodos entre relubricaciones. Su empleo exige mayor atención para el operario encargado de la lubricacion, para evitar excesos o deficiencias en sus aplicaciones. En motores eléctricos se emplean, por lo regular, las grasa de jabón de litio y las de sodio, con un grado de consistencia NLGI 2 , para sistemas de lubricacion por graspera y grasa empacada y NLGI 3 para grasa empacada. Las grasa de litio y de sodio no son compatibles, por lo tanto , no se deben mezclar.

La grasa es un producto que va desde solido semifluido y se define como una mezcla constituida por un 90 % de un aceite derivado del petróleo o sintético, de una viscosidad especifica y de un espesador (jabón metálico).

Lo mas recomendable es utilizar para motores eléctricos una grasa con espesante no jabón de Polyurea grado NLGI 2.

Cuando se vaya a cambiar una grasa por otra, se debe limpiar el rodamiento del tal forma que no queden trazas de la grasa anterior. La grasa a base de aceite mineral han demostrado inalterabilidad frente a plásticos, elastómeros, pegamentos, lacas u otros materiales de construcción del motor eléctrico.

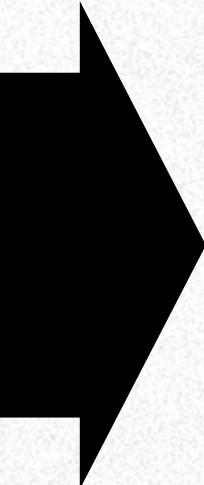
LUBRICACION CON GRASA:

- **No requiere un sistema de circulación; bomba, filtro, sumidero, tuberías**
- **Mejor para el control de fugas**
- **Proporciona mejores sellos contra los contaminantes**
- **Puede permanecer en el equipo por más tiempo**
- **Reduce el riesgo de un arranque en seco**
- **Las juntas y los conectores desgastados pueden retener mejor la grasa, lo que reduce el riesgo de inanición y fuga de lubricante.**
- **Muchos rodamientos lubricados con grasa pueden funcionar durante años sin necesidad de volver a embalar los rodamientos.**
- **Una mejor opción cuando no se puede mantener un suministro continuo de aceite**
- **Menor consumo de lubricante a lo largo del tiempo**



Claves para seleccionar grasas

- **El Aceite es quien realmente lubrica.**
- **El Aceite Base da la protección.**
 - alta velocidad - baja viscosidad
 - baja velocidad - alta viscosidad
 - alta presión - alta viscosidad
 - La calidad del aceite base define la vida.
- **Los Aditivos mejoran la calidad.**
 - antioxidantes
 - inhibidores de corrosión
 - AW
 - EP
 - Lubricantes solidos
 - Colorantes



- Vida**
- Vida en ambiente húmedo**
- Aplicaciones intermitentes**
- Aplicaciones sobre carga**
- Baja velocidad / vibracion**
- Identificación**

FACTORES EN LA SELECCION DE LA GRASA

FACTOR DE SELECCION	CRITERIOS DE SELECCION
METODO DE APLICACION/DISPENSING	GRADO NLGI BOMBEABILIDAD, ENDURECIMIENTO
VELOCIDAD DE LOS COJINETES O RODAMIENTOS	VISCOSIDAD DEL ACEITE GRADO NLGI TIPO DE JABON
CAPACIDAD DE SOPORTAR CARGA	ADITIVO EP VISCOSIDAD DEL ACEITE TIPO DE JABON
TEMPERATURA OPERATIVA	ALTA TEMP.: PUNTO DE GOTEO BAJA TEMP.: BOMBEAB., TORQUE
MEDIO AMBIENTE	AGUA: JABON, ADITIVOS

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN LUBRICANTE

1er. CRITERIO DE SELECCIÓN: VISCOSIDAD

- **Velocidad**
- **Temperatura de operación**
- **Temperatura ambiente**
- **Tamaño del rodamiento**
- **Tipo de rodamiento**
- **Factor de velocidad**

USO DEL FACTOR DE VELOCIDAD (SPEED FACTOR)

$$SF = n * Dm = n * (D + d)/2$$

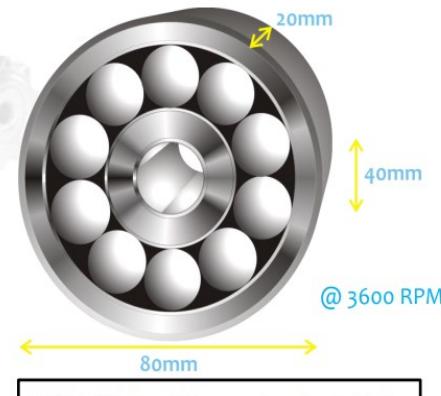
Donde:

n = RPM

D = Diámetro exterior, mm

d = Diámetro interior, mm

VALORES TÍPICOS LIMITES
DE FACTORES DE VELOCIDAD (n *
Dm) GENERALMENTE APLICADOS
(Ver siguiente página):

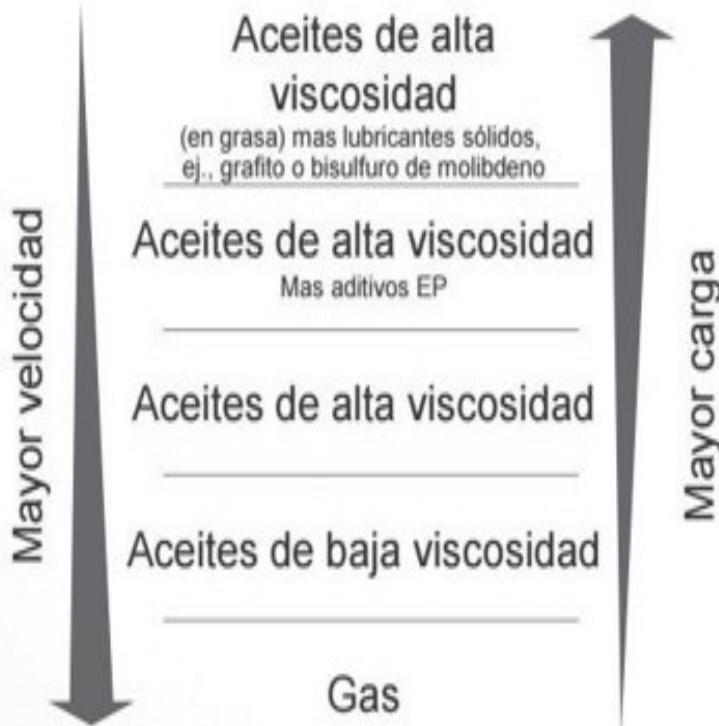


TALLER: Calcular el FV para este rodamiento de bolas y determinar a qué velocidad gira (baja, media, alta, muy alta, etc.). FV =

TEMPERATURA de TRABAJO	FACTOR DE VELOCIDAD DN	NLGI N°. (*)
-30 a 100°F (-34,4 a 37,7°C)	0-75.000	1
	75.000-150.000	2
	150.000-300.000	2
0 a 150°F (-17,7 a 65,5°C)	0-75.000	2
	75.000-150.000	2
	150.000-300.000	3
100 a 150°F (37,7 a 135°C)	0-75.000	2
	75.000-150.000	3
	150.000-300.000	3

(*) Depende también de otros factores como el tipo de rodamiento, el tipo de espesante y la viscosidad y el tipo del aceite base.

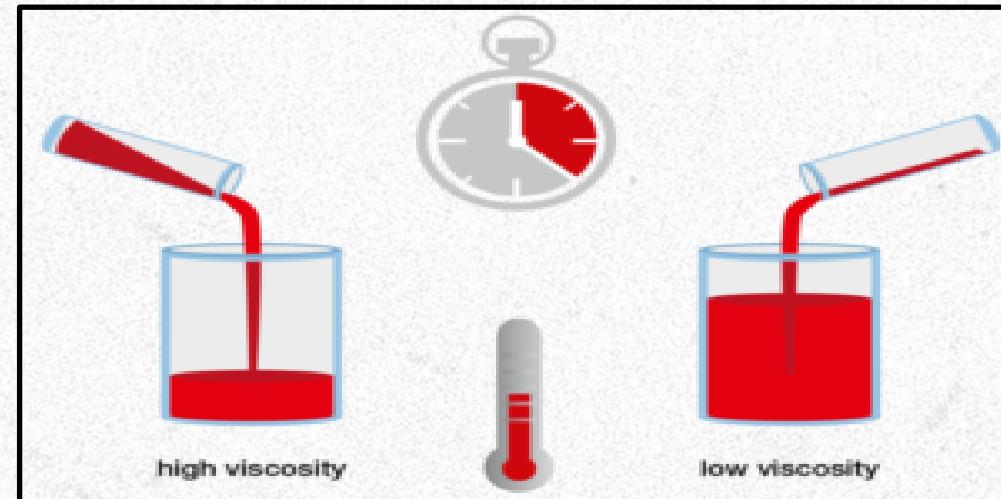
La equivocación mas común en la aplicación de un lubricante en la maquinaria es la selección incorrecta de la viscosidad

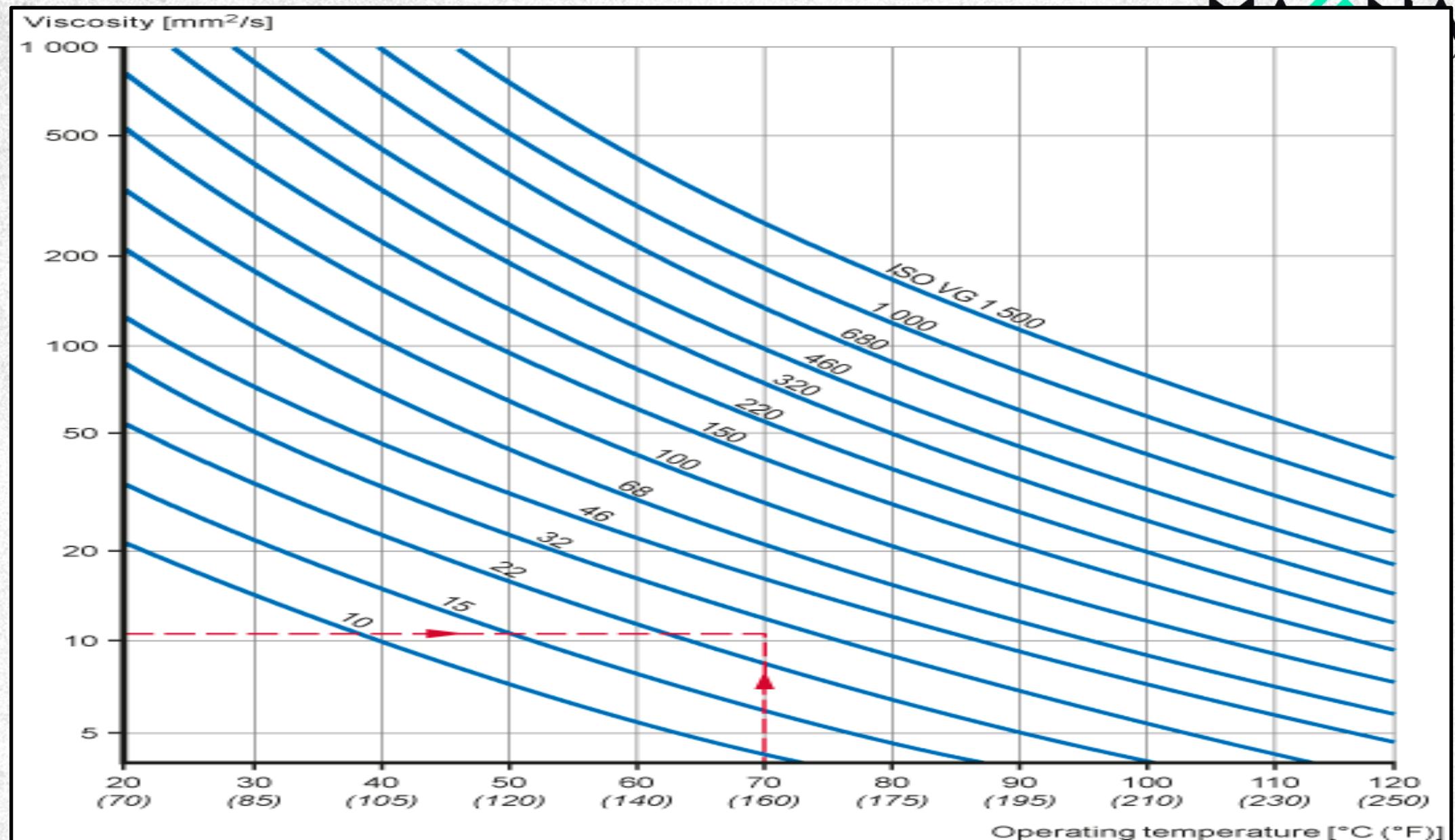


Ligeros errores en la selección de viscosidad pueden traducirse en elevado desgaste y pérdidas de energía con el paso del tiempo

VISCOSIDAD DEL ACEITE BÁSICO: La viscosidad del aceite básico es una de las propiedades más importantes de cualquier aceite o grasa lubricante. Y es a menudo descuidado e incomprendido cuando se refiere a su influencia en la elección de grasas lubricantes. La viscosidad del aceite básico para uso en cojinetes de rodamiento, la principal aplicación de las grasas lubricantes, puede estimarse teniendo en cuenta su rotación y sus dimensiones (diámetro del agujero y anchura).

El conocimiento y la apropiada selección de la viscosidad del aceite básico son determinantes en la adecuada selección de grasas lubricantes. Con el fin de tener un rendimiento satisfactorio en la aplicación y en la condición de servicio.

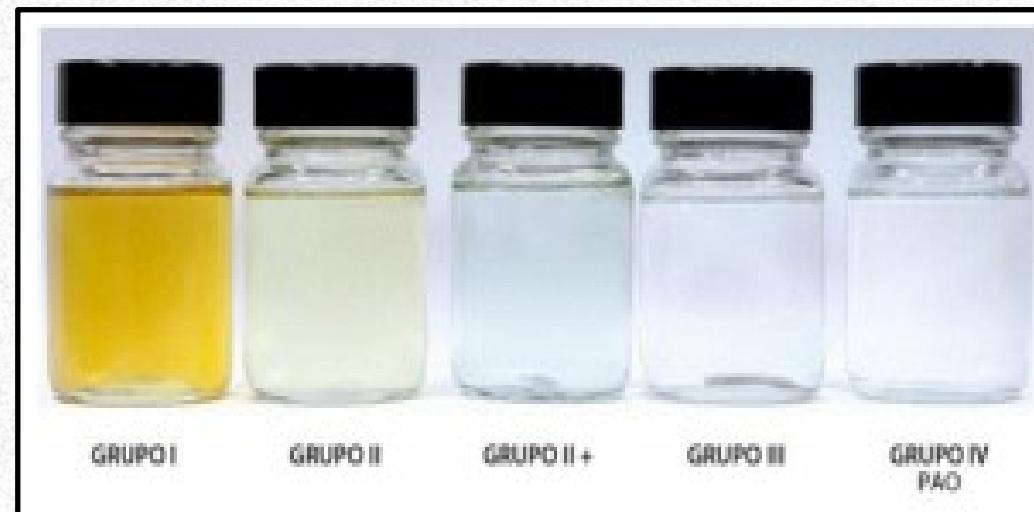




2do. CRITERIO DE SELECCIÓN: ACEITE BASE

TIPO DEL ACEITE BÁSICO: El tipo de aceite básico se determina por las condiciones en las que se utilizará la grasa. Tales como altas y / o bajas temperaturas, severidad de la carga, presión de trabajo, etc. La carga y la presión de servicio no sólo influenciará el tipo del aceite básico, sino también el paquete de aditivos (extrema presión, anti-desgaste) que se utilizará en la grasa lubricante.

Mientras que los aceites básicos sintéticos son más adecuados. Si la grasa lubricante se utiliza en amplias rangos de temperatura y condiciones de trabajo, los aceites básicos minerales se pueden utilizar satisfactoriamente en condiciones moderadas y uniformes de temperaturas de operación y regímenes de trabajo.

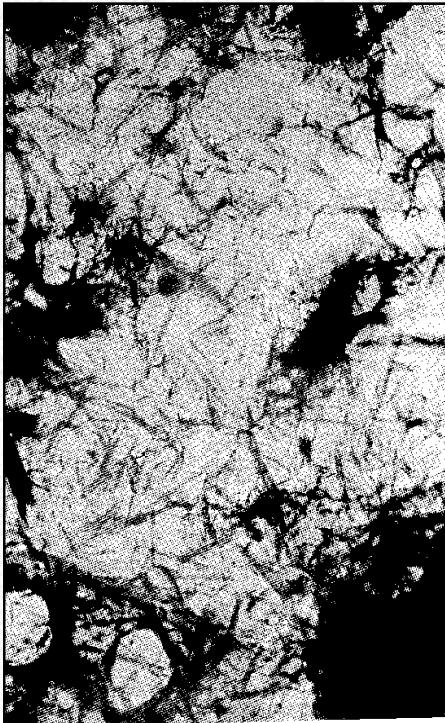


3er. CRITERIO DE SELECCIÓN: TIPO DE ESPESANTE

TIPO DEL ESPESANTE: El espesante es el compuesto de la grasa lubricante. Responsable por mantener contenido en el aceite básico. Es fundamental que el espesante atienda a las exigencias técnicas del O&M como, también, soporte las condiciones de operación a que será sometida. Hay una gran variedad de espesantes que, por lo general, no deberían ser mezclados sin un previo estudio de compatibilidad. Los tipos de espesante más comunes son: calcio, litio, complejo de litio, poliurea, complejo de aluminio y sulfonato de calcio.



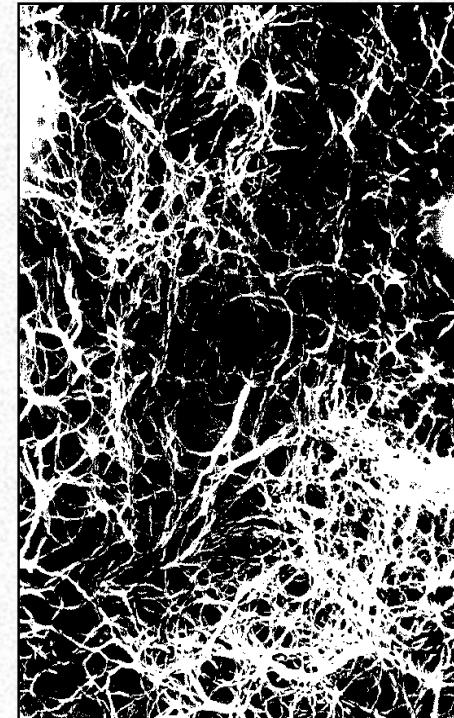
Jabones bajo el microscopio



Jabón de Calcio

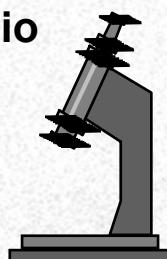


Jabón de Sodio



Jabón de litio

Magnificaron 30,000 X

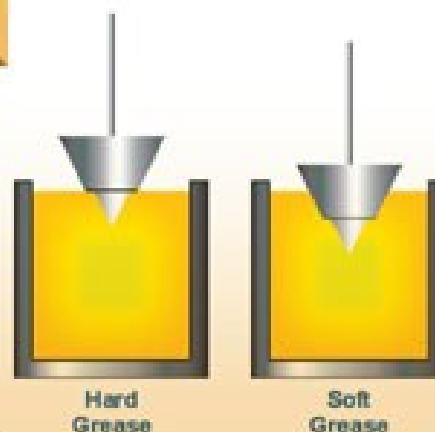


4to. CRITERIO DE SELECCIÓN: CONSISTENCIA Y ESTABILIDAD MECANICA

- Consistencia NLGI y estabilidad al corte según ASTM D217
- El 80 % de las grasas es grado NLGI 2
- Si cambia el porcentaje de penetración de la grasa, quiere decir que no tiene estabilidad mecánica
- Si la grasa se ablanda o se endurece, ver ASTM D217

Table VII. NLGI Grease Classification Based on Consistency

NLGI Grade	Worked Penetration Range @77 F, mm/10
000	445 to 475
00	400 to 430
0	355 to 385
1	310 to 340
2	265 to 295
3	220 to 250
4	175 to 205
5	130 to 160
6	85 to 115



5to. CRITERIO DE SELECCIÓN: TEMPERATURA Y ESTABILIDAD TERMICA

- Controlar la temperatura de operación
 - Punto de goteo
 - Separación del aceite (sangrado), calor y envejecimiento – ASTM D1742
 - Valor del I.V. – ASTM D445 (Dispositivo de prueba para viscosidad cinemática, mide la viscosidad)
- Cada espesante tiene diferentes resistencias a la temperatura**
- Todos los aceites reportan a 40°C y tienen 100°C de viscosidad cinemática (cSt)

Propiedades

Separación de aceite (Sangrado)

- Sangrado estático (charcos de aceite) - fenómeno de separación del aceite base de la grasa, en almacenamiento.
- Ocurre naturalmente en todas las grasas, la extensión depende de la composición y las condiciones de almacenamiento, inciden aspectos tales como:
 - tiempo de almacenamiento,
 - cambios de temperatura (día vs noche) o vibraciones,
 - nivel de material desparejo dentro del envase (valles y colinas).
- No tiene correlación ni predice comportamiento en condiciones dinámicas (de uso).
- Es deseable que la grasa separe aceite con relativa facilidad, pues asegura una buena lubricación. No es aceptable un sangrado excesivo (ej. más de 5 cms. de aceite separado)

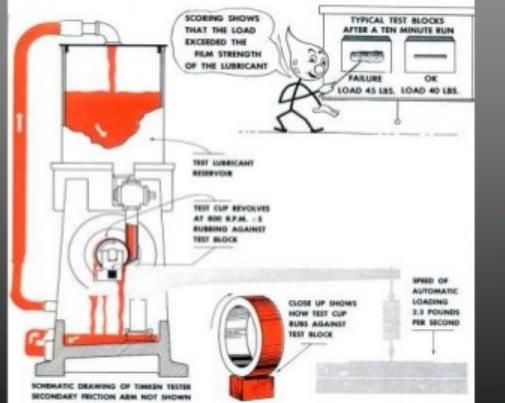


6to. CRITERIO DE SELECCIÓN: CARGA Y EXTREMA PRESIÓN

- Extrema Presión no trabaja con Bronce (Cobre y aleación de Estaño)
- Prueba de carga Timken – ASTM D2509
- Prueba de 4 bolas – ASTM D2596
- Prueba de desgaste – ASTM D2266
- Paquete de aditivos E.P.

Propiedades de Extrema Presión.
Test Timken.

- Test Timken (ASTM D-2509): Evalúa las características de carga que soporta un lubricante que protege rodamiento de rodillo.
- Vel: 800 rpm
- Temp: $24 \pm 6^\circ\text{C}$
- 10 minutos.



SCHEMATIC DRAWING OF TIMKEN TESTER
SECONDARY FRICTION ARM NOT SHOWN

TEST CUP HOLDS 8 FLUID OZ.
TEST CUP REVOLVES 800 RPM IN RUBRING AGAINST TEST BLOCK

CLOSE UP SHOWS HOW TEST CUP RUBS AGAINST TEST BLOCK

SPINDLE OF AUTOMATIC LOADING 2.3 POUNDS PER SECOND

TEST LUBRICANT RESERVOIR

TEST CUP SHOWS THAT THE LOAD EXCEEDED THE FILM STRENGTH OF THE LUBRICANT

TYPICAL TEST BLOCKS AFTER A TEN MINUTE RUN

FATIGUE OK

LOAD 45 LBS. LOAD 40 LBS.

Departamento Técnico Lubricantes Bel-Ray - Ventecl. 73

Wear Testing, ASTM D2266, ASTM D 2596

- Four Ball Wear, ASTM D2266



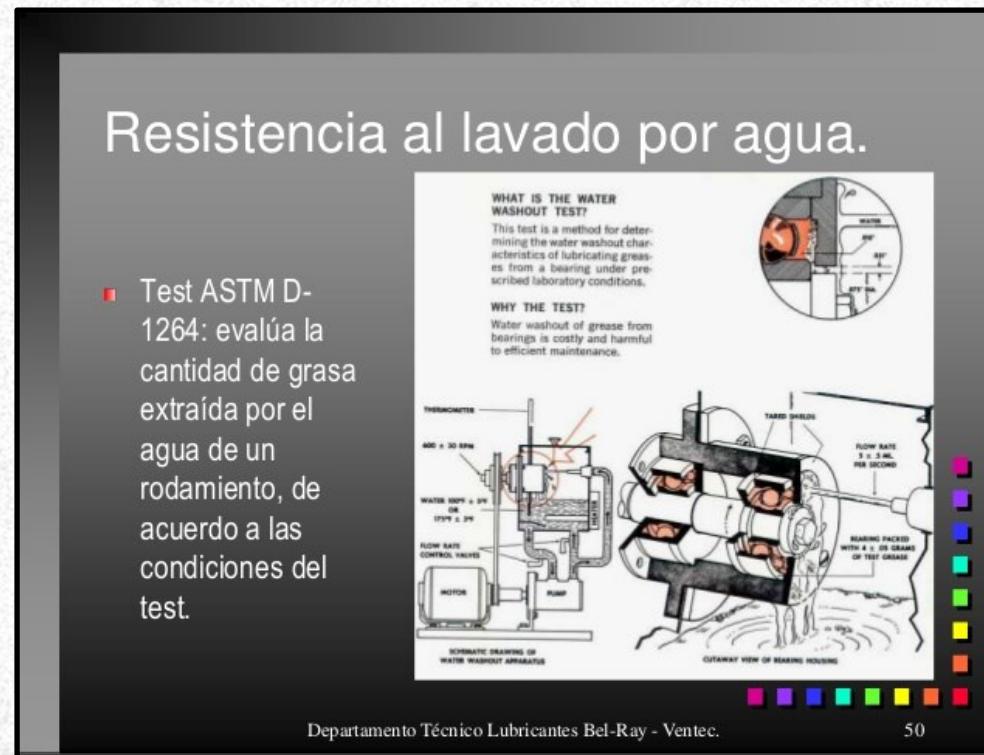
- Four Ball EP Weld Point, ASTM D2596



clarion LUBRICANTS

7mo. CRITERIO DE SELECCIÓN: CORROSION Y LAVADO POR AGUA

- Contaminación por humedad, lluvia, vapor, condensación y agua
- 200 ppm=0,02 %, reduce 48% de la vida útil del rodamiento
- Limpieza de equipos produce barrido de grasa
- Resistencia al lavado por agua - ASTM D1264



8vo. CRITERIO DE SELECCIÓN: CANTIDAD CORRECTA DE GRASA LUBRICANTE

- Sobre engrase provoca sobrecalentamiento
- Calcular el espacio libre del rodamiento
- Calcular mediante formula la cantidad de grasa a utilizar
- Calcular la cantidad exacta de grasa mediante método de ultrasonido

Calculo cantidad de grasa en Rodamientos

- ▶ **Cantidad de grasa**
- ▶ Para calcular la cantidad de grasa exacta para ser utilizada en rodamientos se puede usar la siguiente fórmula:
$$Gr = 0,005 \times DXB$$

Siendo: G cantidad de grasa
D diámetro externo del rodamiento en mm
B Ancho total del rodamiento en mm.



9no. CRITERIO DE SELECCIÓN: FRECUENCIA

- Calcula de la frecuencia de engrase mediante formulas, ábacos o recomendaciones del fabricante en el manual O&M

La Fórmula para Calcular la Relubricación de Rodamientos es Más Exacta

$$T = K \times \left[\left(\frac{14,000,000}{n \times (d^{0.5})} \right) - 4 \times d \right]$$

Donde:

T = Tiempo hasta la próxima re-lubricación (horas)

K = Producto de todos los factores de corrección
 $F_t \times F_c \times F_m \times F_v \times F_p \times F_d$
 (vea la tabla)

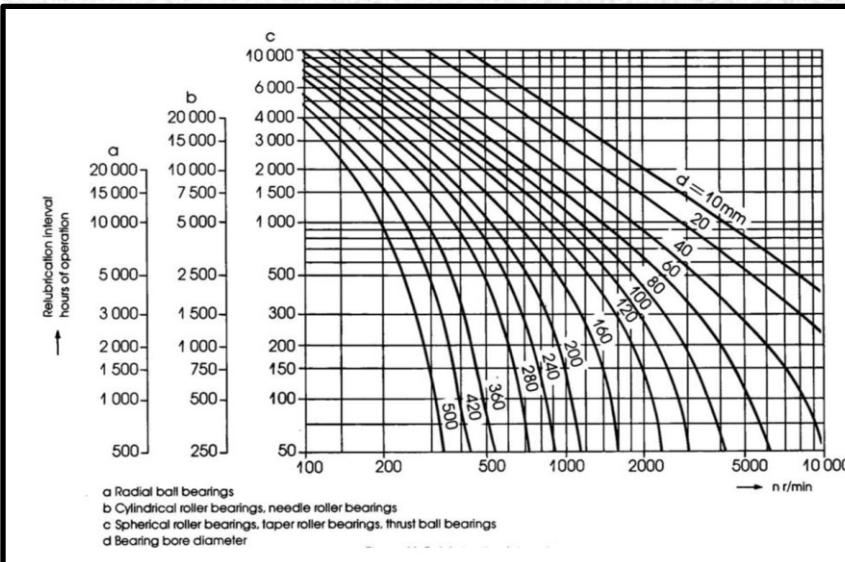
n = Velocidad (RPM)

d = diámetro interior (mm)

Factores de Corrección del Intervalo de Engrase

Condición	Promedio de Rango de Operación	Factor de Corrección
Temperatura F_t	Carcaza por debajo de 65°C	1.0
	65 a 80°C	0.5
	80 to 93°C	0.2
Contaminación F_c	Arriba de 93°C	0.1
	Ligero, polvo no abrasivo	1.0
	Severo, polvo no abrasivo	0.7
	Ligero, polvo abrasivo	0.4
Humedad F_m	Severo, Polvo abrasivo	0.2
	Humedad por debajo del 80%	1.0
	Humedad entre 80 y 90%	0.7
	Condensación ocasional	0.4
Vibración F_v	Agua ocasionalmente en la carcaza	0.1
	Velocidad pico menor a 0.2 ips*	1.0
	0.2 a 0.4 ips	0.6
Posición F_p	Arriba de 0.4	0.3
	Horizontal	1.0
	45 grados	0.5
Diseño del Rodamiento F_d	Vertical	0.3
	Rodamiento de bolas	1.0
	Rodamientos cilíndricos y de agujas	5.0
	Rodamientos cónicos y esféricos	1.0

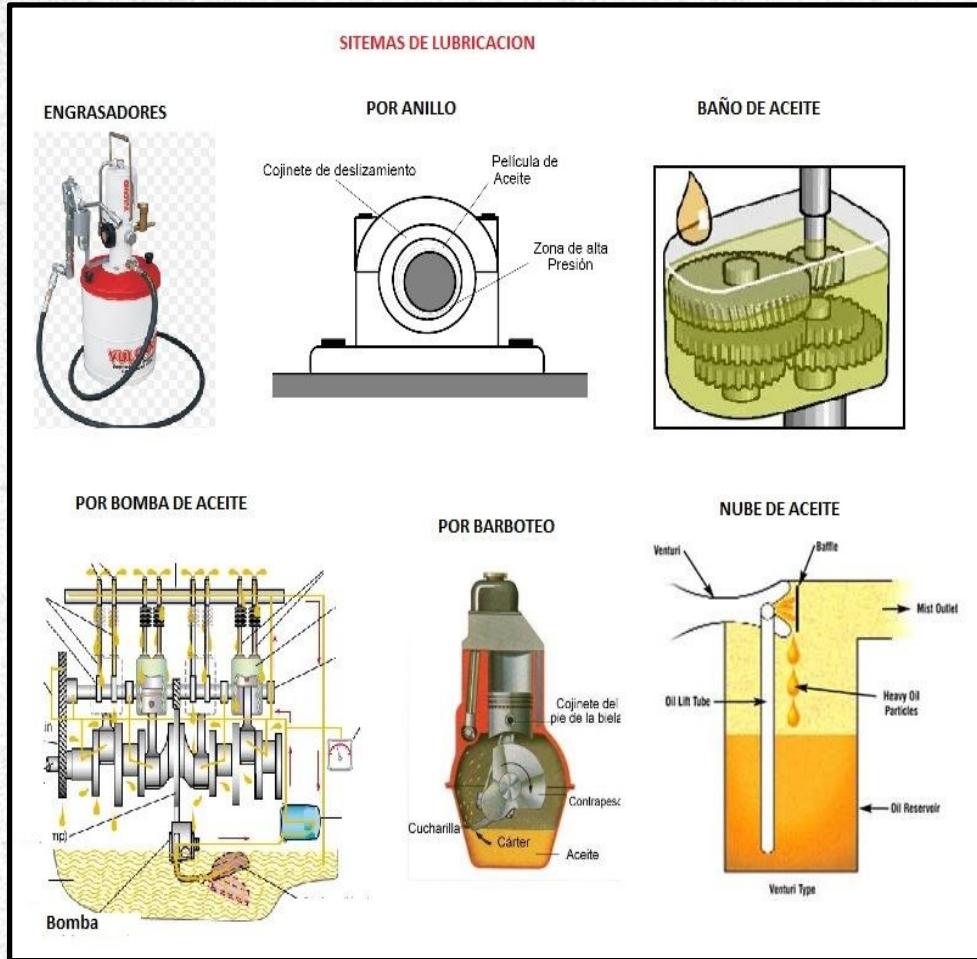
* ips=pies por segundo



RPM del Motor	Marco del Motor	8 horas por día	24 horas por día
3600 (2 POLOS)	2847T-286T	6 meses	2 meses
	324T-587U	4 meses	2 meses
1800 (4 POLOS)	2847T-386T	4 años	18 meses
	364T-365T	1 año	4 meses
	404T-449T	9 meses	3 meses
	505U-587U	6 meses	2 meses
1200 Y MENOR	284T-326T	4 años	18 meses
	364T-449T	1 año	4 meses
	505U-587U	9 meses	3 meses

10mo. CRITERIO DE SELECCIÓN: METODO CORRECTO

- **Tipo de lubricación:** Baño de aceite, goteo, salpique, automatizado, centralizado, niebla o nube de aceite, engrasadora manual, por anillo, por bomba de aceite, por barboteo

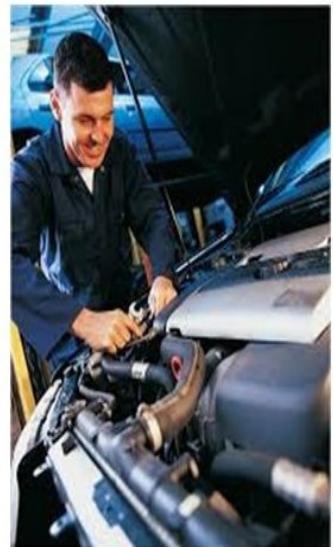


11mo. CRITERIO DE SELECCIÓN: MONITOREO POR CONDICION

- Predictivo: Desgaste
- Proactivo: Salud y Contaminación

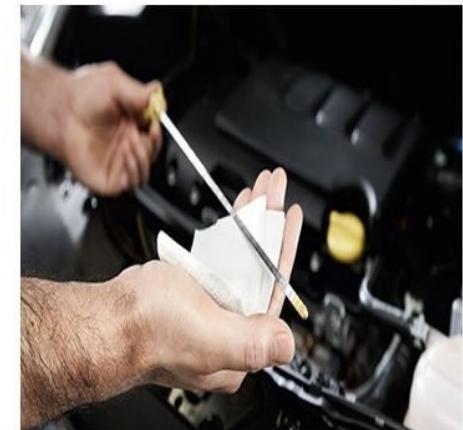
El papel de análisis del aceite **Mantenimiento Predictivo**

- Monitoreo del desgaste anormal.
- Determinar los intervalos correcto del cambio de aceite.
- Detección de contaminación ambiental y del proceso.



El papel de análisis del aceite **Mantenimiento proactivo**

- Evaluar mejoras de filtración.
- Evaluar el tipo de lubricantes y cambio de marcas.
- Evaluar la efectividad de las mejoras en el mantenimiento.
- Analizar de las causas raíz de las fallas.

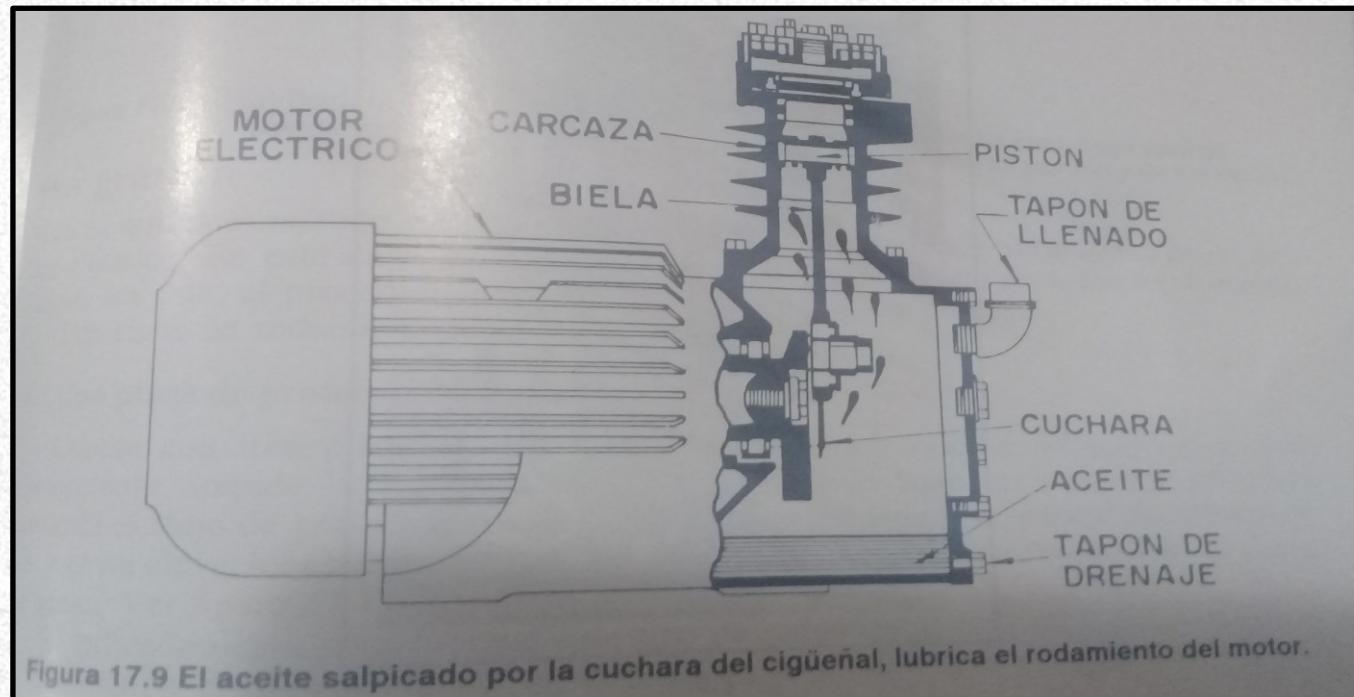


METODOS DE LUBRICACION PARA MOTORES ELECTRICOS

Los rodamientos se deben lubricar con el método de lubricación mas apropiado que se aadecue al tipo de lubricante empleado, a las condiciones de operación y a las condiciones ambientales, como polvo, partículas abrasivas y metálicas.

Los métodos de lubricación que mas se utilizan son:

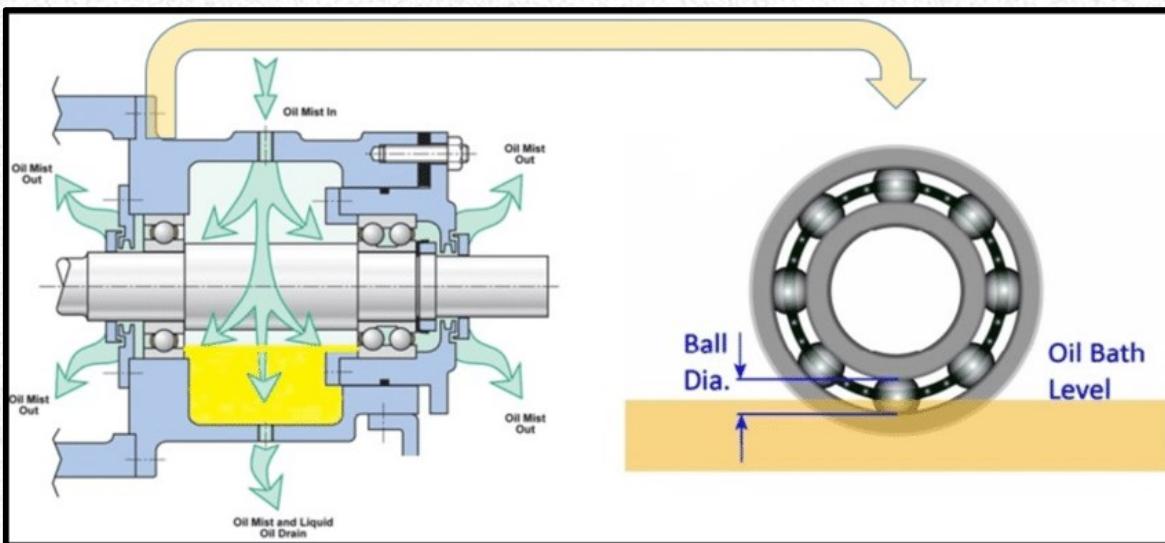
- **POR SALPIQUE**



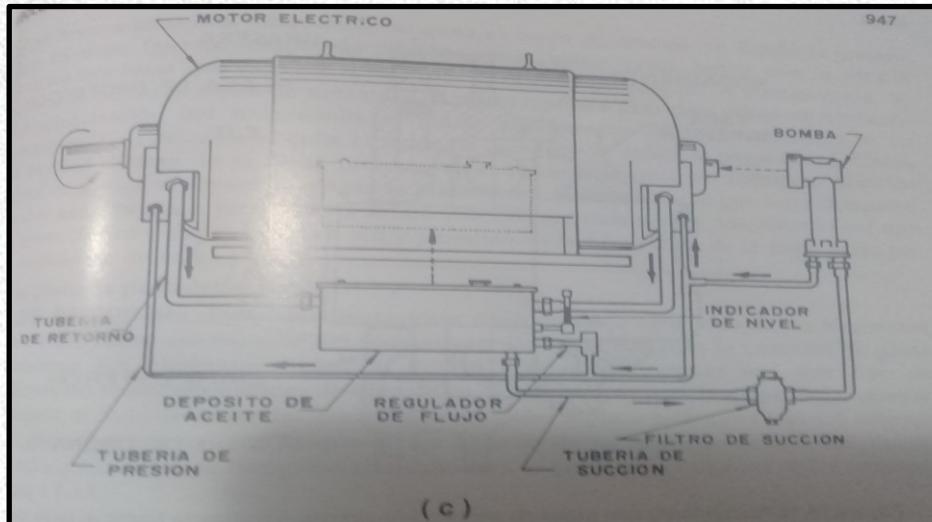
- AUTOMATIZADA – MONO PUNTO



- POR INMERSION O BAÑO



- **POR CIRCULACION DE ACEITE**



- **POR ANILLO**

Lubricación por anillo.

- Este sistema consiste en que uno o mas anillos giran alrededor del árbol a lubricar arrastrando aceite de un deposito.

La lubricación por anillos, no se puede usar en ejes que van a alta velocidad, porque el anillo podría patinar y no arrastrar buena cantidad de aceite produciendo una mala lubricación



POR GRASERA:

Este es quizás el método mas común para lubricar con grasa los rodamientos de un motor eléctrico. En este caso, es necesario tener en cuenta el tipo de rodamiento, porque, según sea este, el procedimiento para lubricarlo puede ser diferente. Los tipos de rodamientos pueden ser:

- **Con placa de protección simple**
- **Con placa de protección doble**
- **Rodamientos de bolas**
- **Rodamientos de rodillos cilíndricos**
- **Rodamientos abiertos**
- **Rodamientos sellados: Motores de baja potencia menores a 10 HP**
- **Por grasa empacada**

Aplicación de Grasa – Pistola de Engrase Manual



Nota: La presencia de humo en los sellos de los ejes puede ser ocasionado por “sobre engrase” de los cojinetes. Siempre cuente los golpes y no bombee cuando perciba que incrementa la presión

VENTAJAS

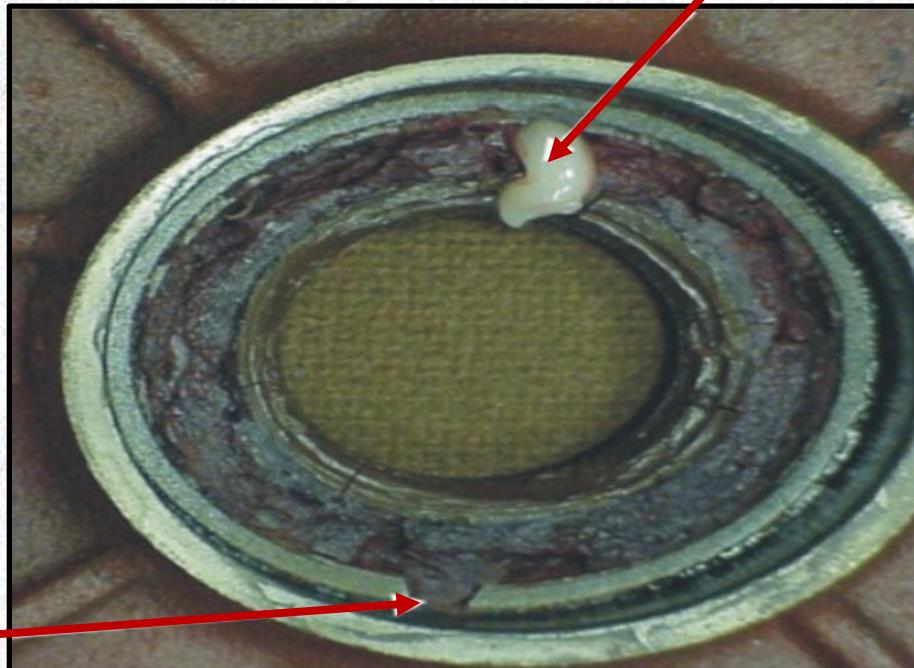
- Menor costo inicial
- Fácil de usar
- Bajo mantenimiento
- El técnico puede inspeccionar la maquina durante la lubricación

DESVENTAJAS

- Alto costo de mano de obra
- Intervalos largos entre re-lubricación puede provocar carencia
- Es común sobre-engrasar riesgo ambiental y de confiabilidad
- Alto riesgo de contaminación
- No es seguro para algunas aplicaciones o ambientes

Al Aplicar la Grasa – Tenga Precaución

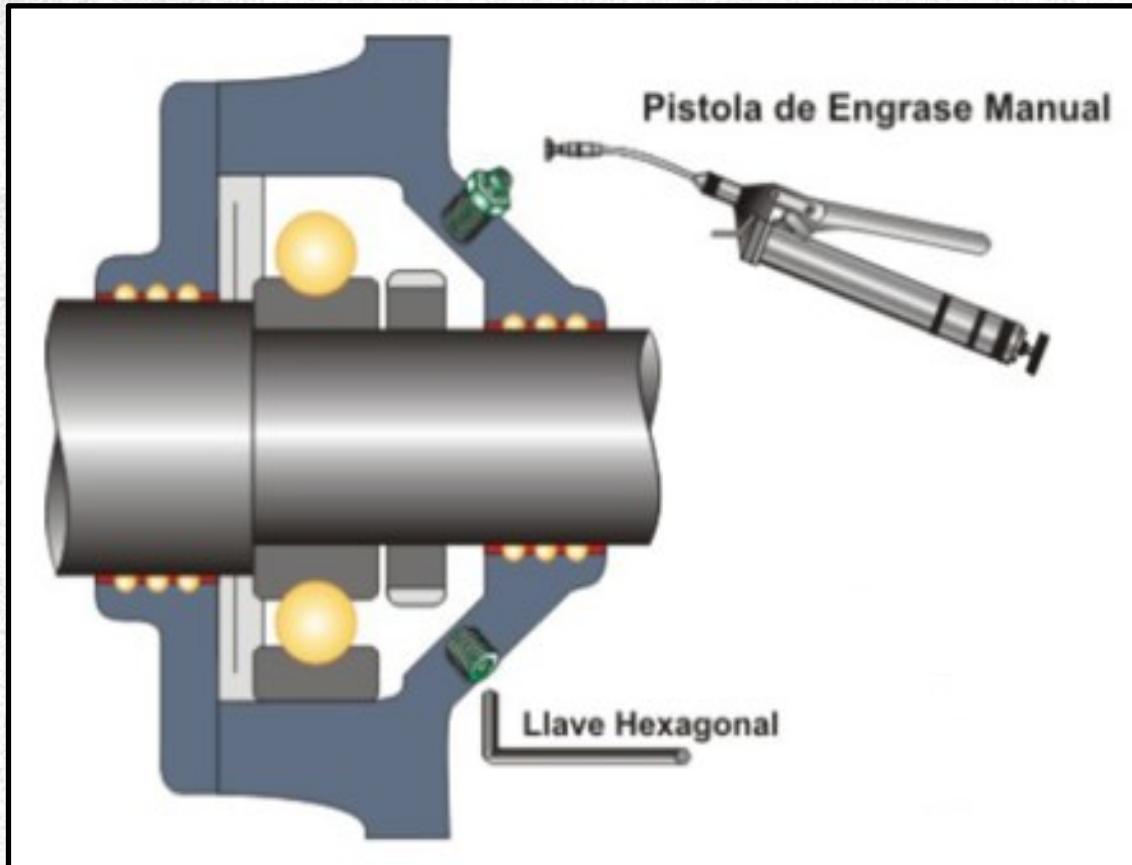
La grasa fresca se introduce en la cavidad cubriendo la grasa vieja. Note que esta no empuja muy bien la grasa vieja hacia afuera



Purga de salida

- Si la grasa aparece en la flecha o sale por la línea de purga, deje de añadir grasa inmediatamente, la cavidad esta llena
- Después de añadir la cantidad adecuada de grasa fresca, deje el tapón de la purga quitado entre 1º y 30 minutos para permitir que el exceso de grasa salga
- No se preocupe si el exceso de grasa no sale por la purga, esto es común, reinstale la conexión en el tubo de purga

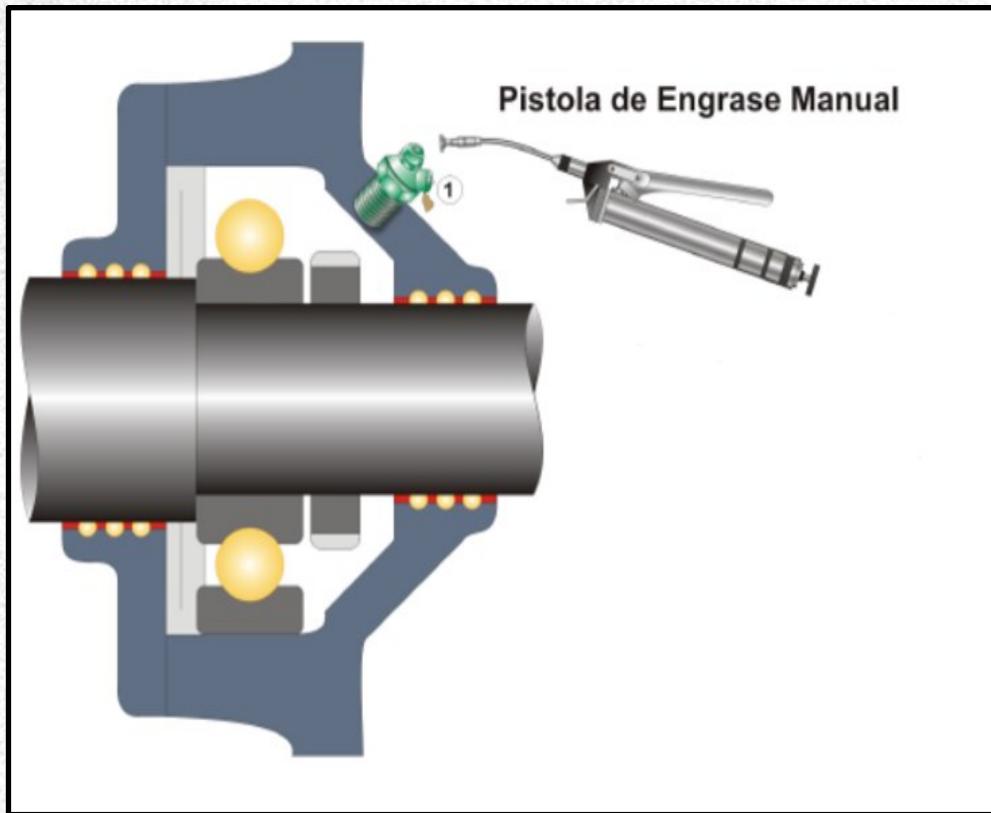
Procedimiento de Re-Engrase de Rodamientos de Motores Eléctricos



Rodamientos con Grasera y tapón de purga

- Quite el tapón de purga, inspeccione y descargue la grasa solidificada. Un limpia pipas o una varilla delgada puede ser requerida para limpiar
- Aplique la pistola de engrase a la grasera y aplique la cantidad de grasa calculada o hasta que salga grasa por la purga
- Permita que salga el exceso de grasa
- Instale nuevamente el tapón de purga

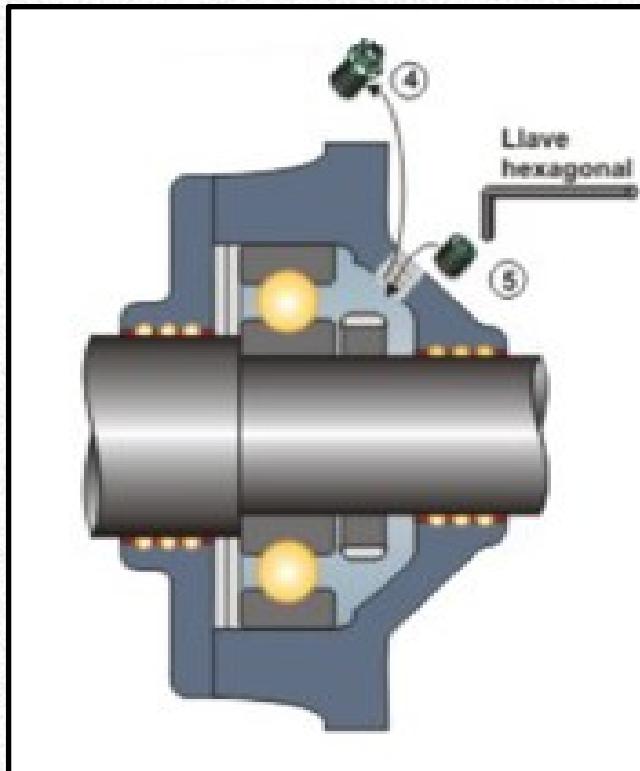
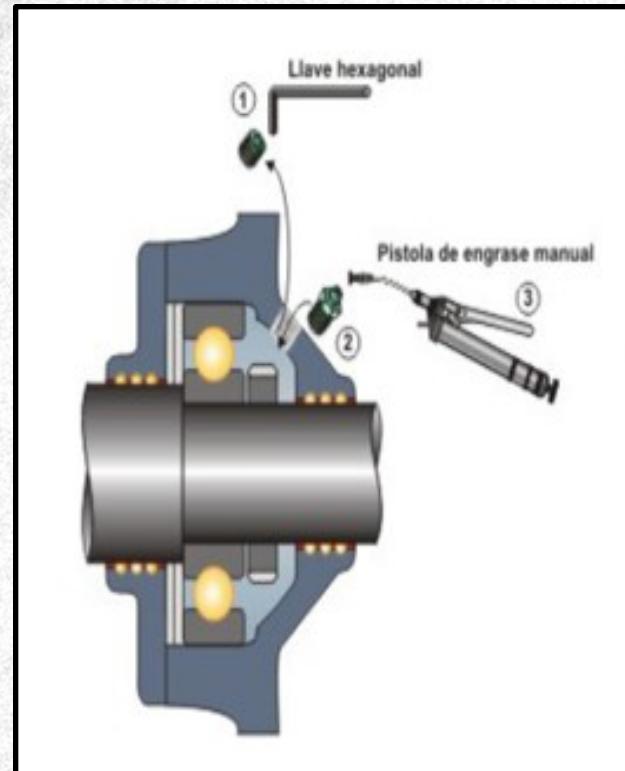
Procedimiento de Re-Engrase de Rodamientos de Motores Eléctricos



Rodamientos con grasera con válvula de alivio y sin tapón de purga

- Aplique la pistola de engrase a la grasera y bombee hasta que salga grasa por la válvula de alivio (1)
- Si después de aplicar una cantidad considerable de grasa, esta no es expulsada, el conducto de alivio puede estar tapado
 - A. Remueva la grasera
 - B. Limpie el conducto o reemplace la grasera si no puede limpiar
- Si la grasa es expulsada inmediatamente por el conducto de alivio de la válvula, el conducto de engrase puede estar tapado. Inspeccione y limpie si requiere
- Reemplace la grasera y regrese al paso uno.

Procedimiento de Re-Engrase de Rodamientos de Motores Eléctricos



Rodamientos con tapón (No grasería)

- Remueva el tapón (1)
- Coloque la grasería adecuada (2)
- Aplique la pistola de grasa y bombee una pequeña cantidad de grasa (3)
- Remueva la grasería (4)
- Encienda el motor hasta que le rodamiento libera la grasa, repita los pasos 3 y 4 hasta terminar el trabajo
- Reemplace el tapón (5)

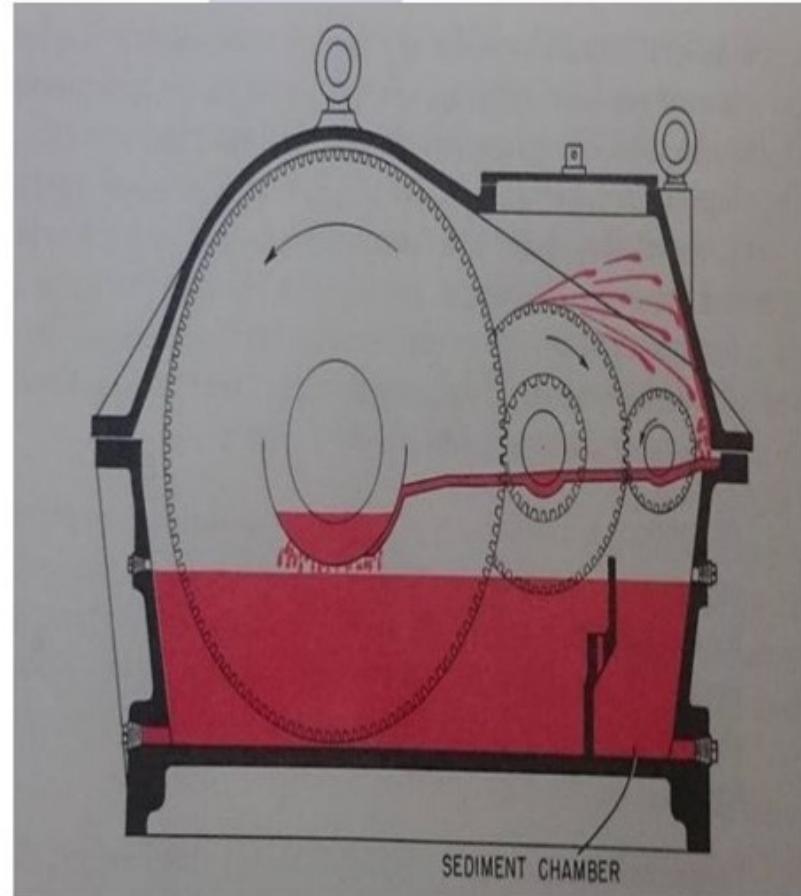
METODOS DE LUBRICACION EN REDUCTORES DE VELOCIDAD

Para lograr que los engranajes y rodamientos o cojinetes que conforman un reductor funcionen correctamente y alcancen la vida de diseño, es necesario que el lubricante que ha sido seleccionado se aplicado en la cantidad correcta sobre los dientes y elementos rodantes antes de entrar en contacto. Esto se logra empleando el método de lubricacion correcto. Este se selecciona de acuerdo con la velocidad lineal del par de engranajes.

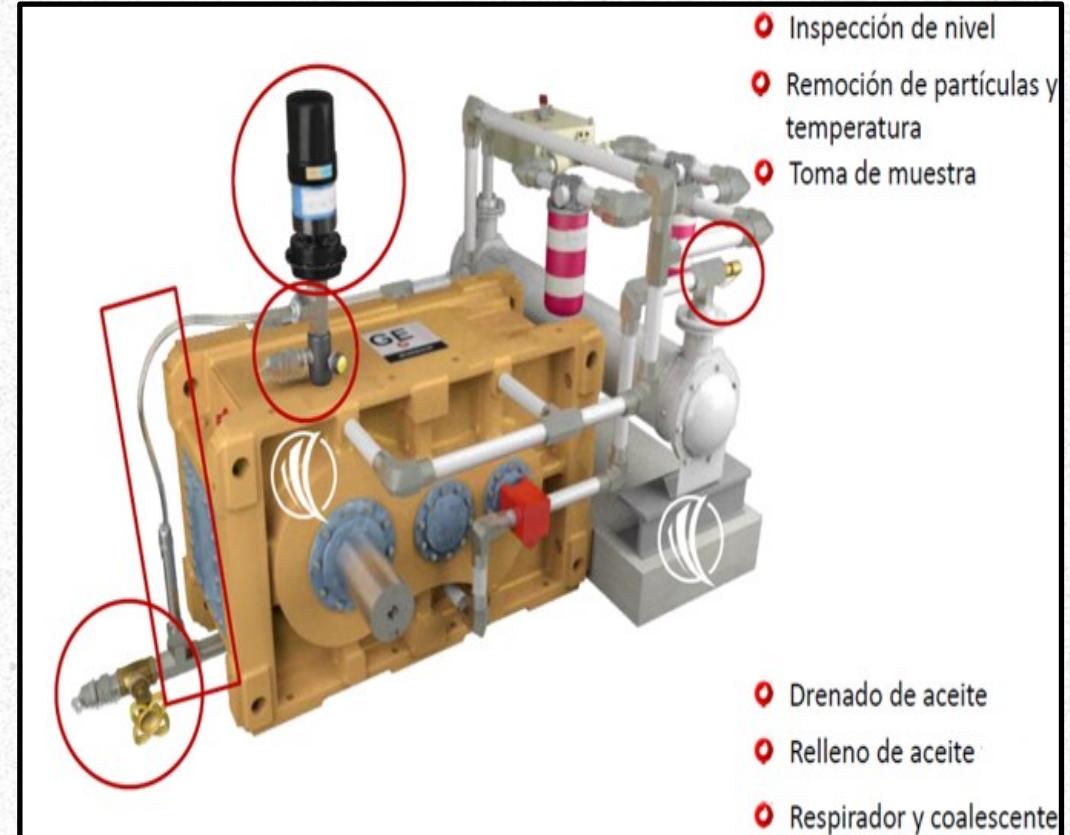


SISTEMA POR SALPICADURA

Los dientes de los engranajes llevan el aceite directamente a algunos engranajes y salpican a la recogida y valles que conducen a los cojinetes no alcanzadas por salpicadura.



POR BAÑO DE ACEITE Y POR CIRCULACION



CONTAMINACION CRUZADA

Con el aumento en la variedad de bases lubricantes y aditivos que se ha producido en los últimos años, han incrementado exponencialmente las posibles combinaciones de estos en lubricantes terminados. Al tiempo que esto permite desarrollar programas de lubricación para seleccionar el lubricante más adecuado para una aplicación, también puede significar tener 15 o 20 diferentes tipos de lubricantes en una instalación. Por lo tanto, en la actualidad no resulta extraño tener muchos problemas de mezclas de lubricantes en las plantas. Obviamente, esto trae como consecuencia que se use o rellene una máquina con un lubricante incorrecto, dejando de cumplir con las especificaciones de desempeño para la protección de la maquinaria, y por lo tanto, es un modo de falla que podría presentarse. En la mayoría de los casos, la mezcla de lubricante se produce debido a la falta de conocimiento sobre las posibles consecuencias negativas. La mezcla de lubricantes puede causar problemas para el propio lubricante y a la máquina.

DAÑO AL LUBRICANTE

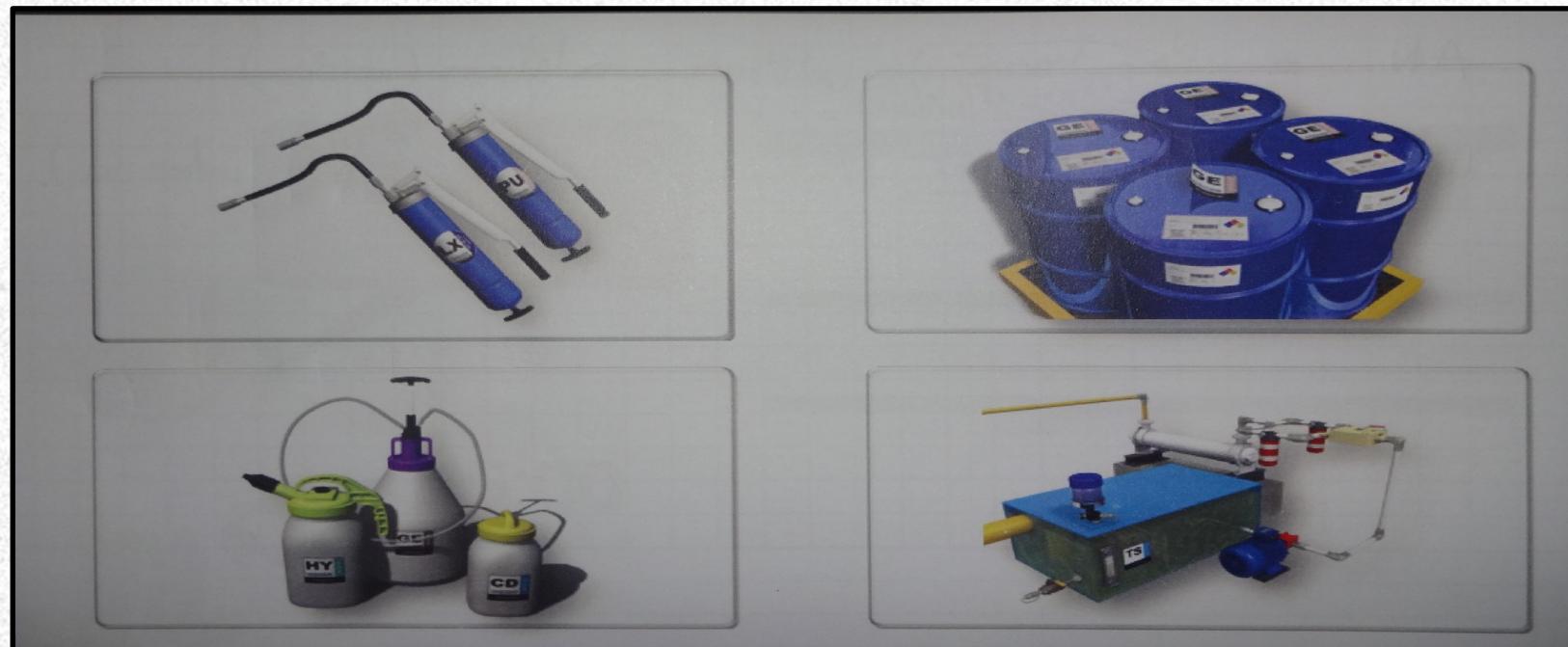
- Reducción de la resistencia a la oxidación
- Agotamiento de aditivos
- Cambios en la viscosidad
- Pérdida de la demulsibilidad
- Incremento en aire atrapado y espuma
- En grasas, incompatibilidad entre espesantes
- Incompatibilidad entre los aceites base, comúnmente se presenta cuando se cambia de un aceite mineral por alguno sintético o viceversa
- Incompatibilidad entre los paquetes de aditivos, como crepitación de aditivos, perdida del desempeño anti desgaste, perdida de las propiedades demulsificantes, oxidación acelerada y perdida de la estabilidad de almacenamiento, cuando se mezcla lubricantes se efectúa en los tanques de almacenamiento.
- Con las grasas, puede presentarse incompatibilidad entre los diferentes espesantes. Los espesantes de las grasas son muy incompatibles , y la mezcla de grasas puede dar lugar a cambios de consistencia y excesivo sangrado del aceite.

DAÑO A LA MAQUINARIA

- Barniz/depósitos
- Incremento en el desgaste de los componentes debido a la pérdida de la resistencia de película por el cambio en la viscosidad o por la diferencia en la química de los aditivos
- Taponamiento prematuro de filtros
- Expansión/encogimiento de sellos
- Problemas de expansión encogimiento de sellos, por lo general como resultado del cambio del tipo de aceite básico, dando lugar a posibles fugas y fallas en los sellos.



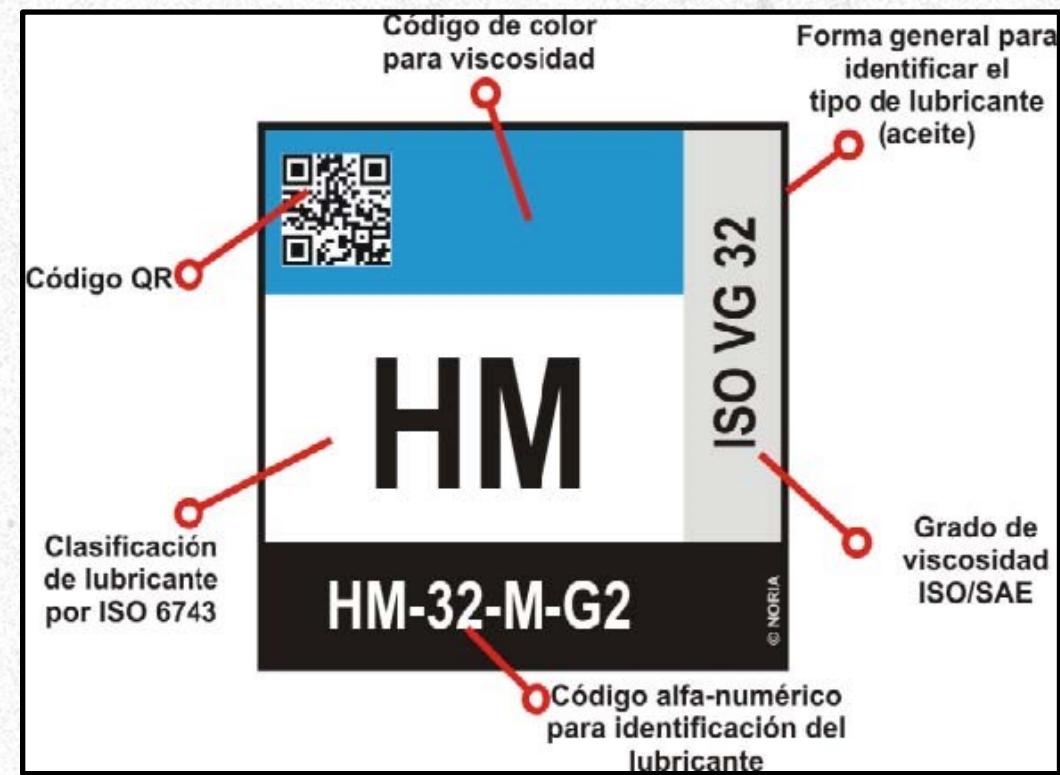
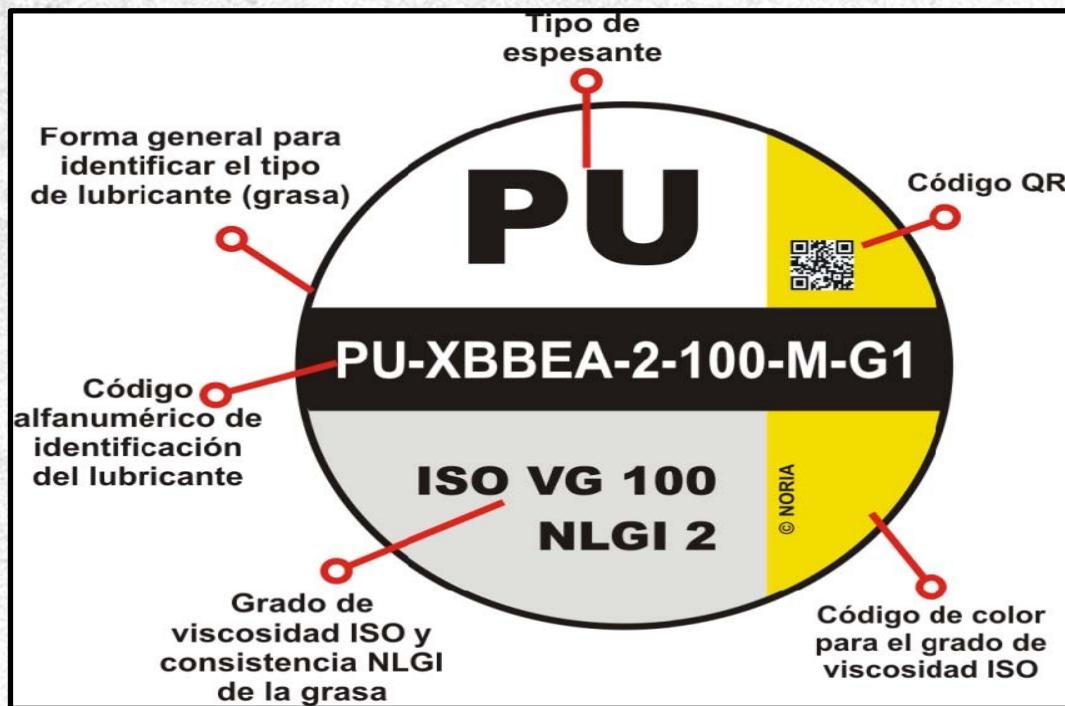
La principal causa de la contaminación cruzada de lubricantes es la falta de identificación o una incorrecta identificación del lubricante, tanto en los envases o contenedores (tanques, tambores/cilindros, cubetas/pailas, bombas de engrase, etc.), como en los puntos de lubricación (relleno) de la maquinaria. La solución es simple y económica: implementar un sistema de identificación de lubricantes, donde a través de la utilización de formas, colores y códigos se pueden identificar correctamente los lubricantes, a fin de evitar la utilización de productos equivocados. Es importante que todos los accesorios utilizados en el proceso de lubricación estén dedicados por tipo o familia de lubricantes, siempre que esto sea posible. En caso de no poder implementar sistemas como el indicado, se deben desarrollar procedimientos de lavado que aseguren la disminución de los riesgos de una contaminación cruzada.



CODIFICACION DE LUBRICANTES INDUSTRIALES

- Lubricantes en almacenamiento
- Áreas designadas de almacenamiento
- Contenedores dedicados
- Contenedores de relleno dedicados
- Carros de filtración
- Puertos de llenado de la maquinaria
- Mangueras dedicadas
- Puntos de lubricación en la maquinaria
- Pistolas de engrasado
- Sistemas automáticos de lubricación
- Aceiteras y graseras
- Tambores





PRUEBAS DE COMPATIBILIDAD

