

# MAGNA

INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

CURSO DE FORMACIÓN



**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN, GESTIÓN  
Y  
SUPERVISIÓN DEL MANTENIMIENTO DE  
EQUIPOS PESADOS**

Ing. CIP, CMRP Edison Muñante Mendoza

# Módulo 5

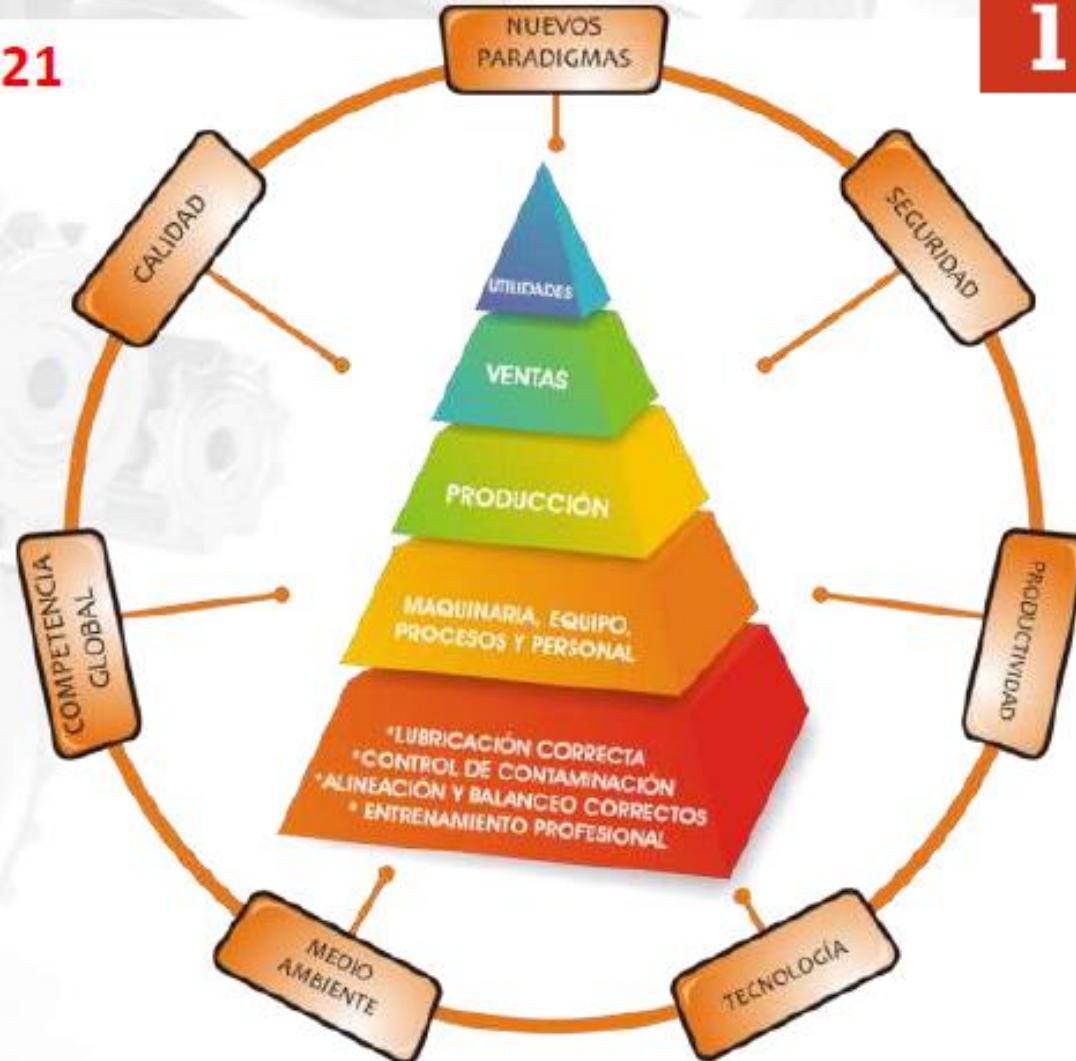
Tribología en Maquinaria pesada

# 1. Fundamentos de Lubricación

## LA LUBRICACIÓN EN EL SIGLO 21

i

- Los cambios en los últimos años empujan al límite, las aptitudes y las actitudes...
- Se hace imperativo una nueva estructura del Mantenimiento
- Nuevas metodologías: RCM, TPM, RCT, PAS 55: ISO 55000, etc.



# Evolución de las prácticas de mantenimiento

World XI Conference & Reliable Asset World, Terry Harrys (CMR Professional / CMRT) "How to Perform an Asset Critically Assessment"



- 55% Correctivo
- 30 % Preventivo
- 12% Predictivo
- 2% Otros (incluido proactivo)



# Mantenimiento lucrativo (Profitable Maintenance)

● Más de 53 % de las áreas de oportunidad de mejora en la Planta, se encuentran en el área de la lubricación

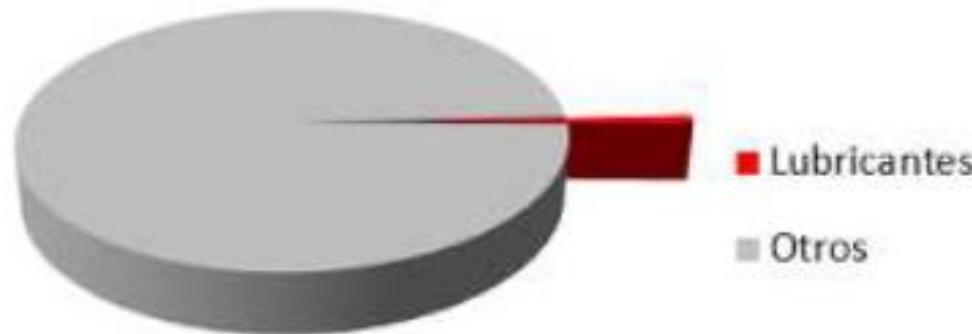
● Cerca del 60% de las fallas se relacionan con una deficiente lubricación o con la contaminación del fluido lubricante  
(K. Bannister, "Lubrication for Industries" - 2005)



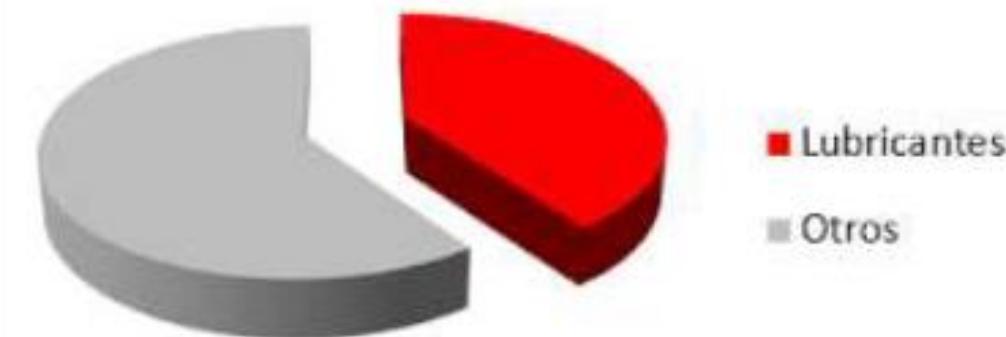
Reducción en consumo de energía por reducción de fricción	7.5%
Ahorro en costos de lubricantes	20%
Ahorro en reparaciones	20%
Ahorros por paros	X %
Ahorro en eficiencia, min	1%
Ahorro por mayor vida del equipo	5%
Ahorros en mano de obra	0.12%
<b>TOTAL</b>	<b>&gt; 53%</b>

# Influencia de la lubricación en el presupuesto de mantenimiento

Presupuesto Mantenimiento



Influencia en el mantenimiento



**INVERTIR EN UN PROGRAMA DE LUBRICACION DE CLASE MUNDIAL ES, POR LO TANTO, UNA INVERSIÓN INTELIGENTE...**

# Evolución del rol del lubricador en la organización

## PRECONCEPTO

**“Sí, lubricar es algo muy importante y es algo que debe hacerse”**

## REALIDAD

¿Quién es el personal dentro de la organización que se encarga de la lubricación?

¿Es personal altamente entrenado?

¿Es personal consciente de la importancia de Lubricar?

¿Es personal certificado?

¿Existen procedimientos de lubricación en la organización o solo son OT'S (órdenes de trabajo) con la instrucción de “lubricar”?

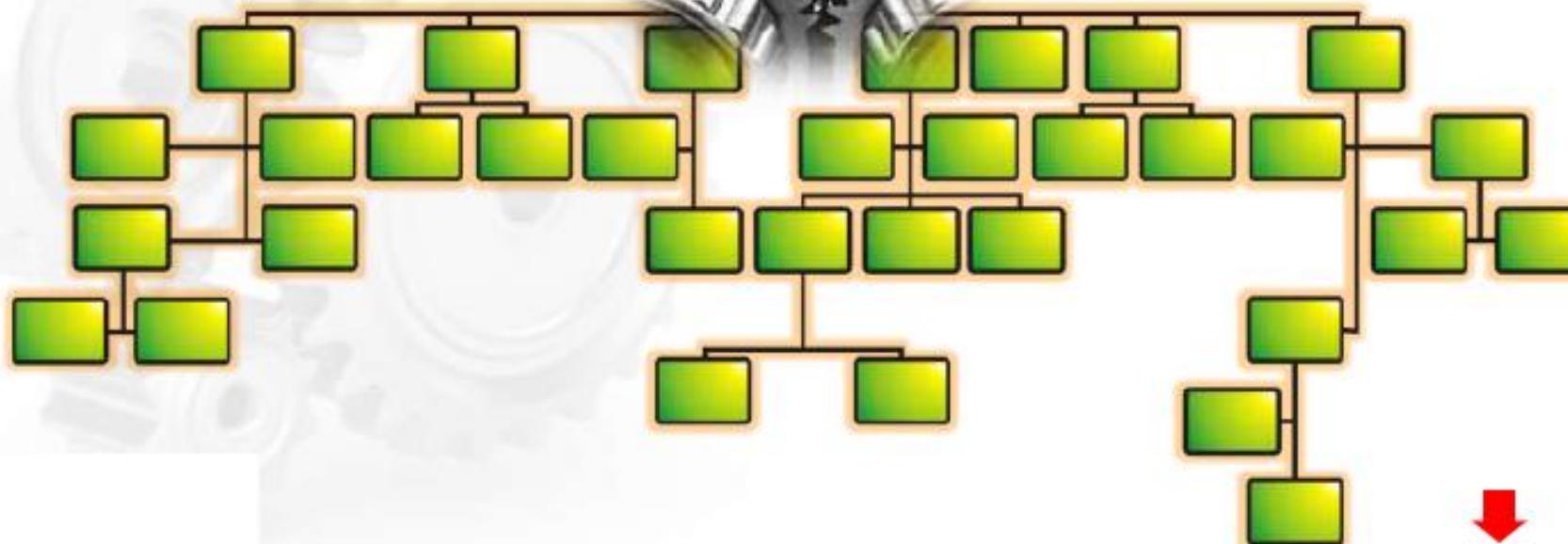
¿Está integrado su programa de lubricación al CMMS de su empresa (SAP, Máximo, JD Edwards, etc.)?



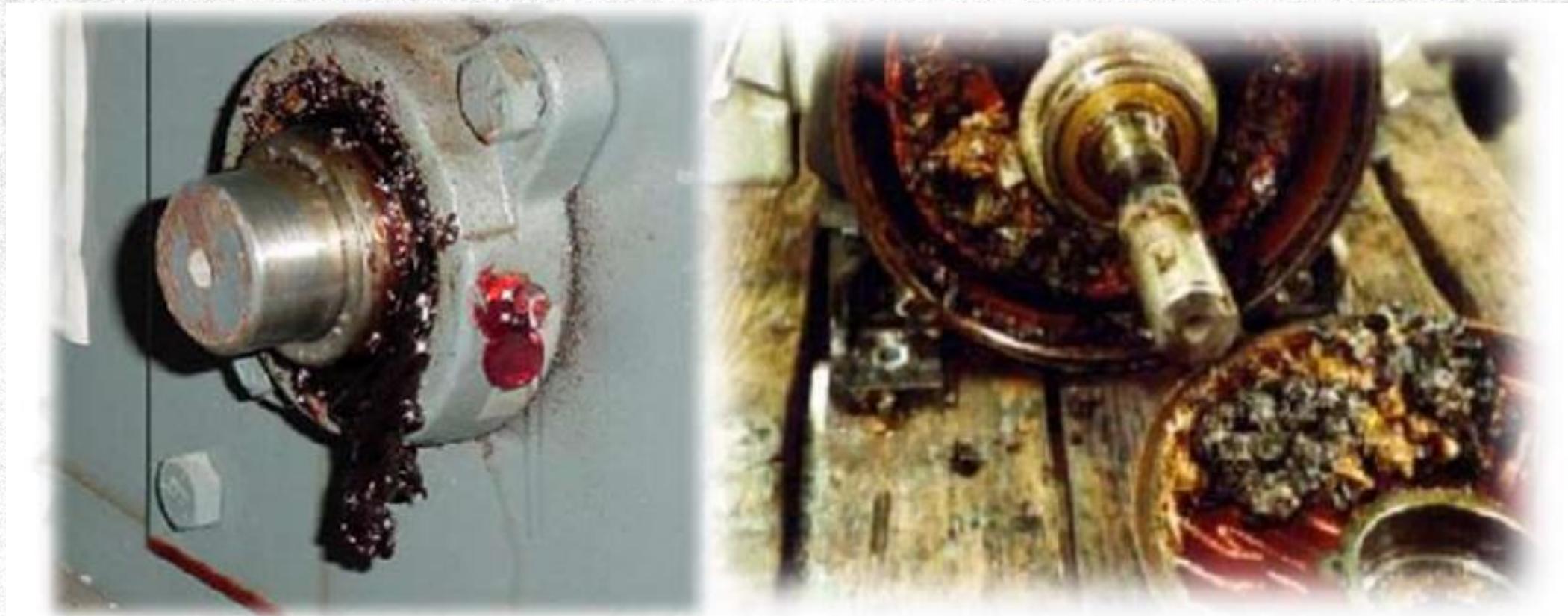
# Evolución del rol del lubricador en la organización

## IMPORTANCIA DE LA FUNCIÓN DE LUBRICACIÓN

¿En qué parte de su organización se encuentra la función de lubricación?

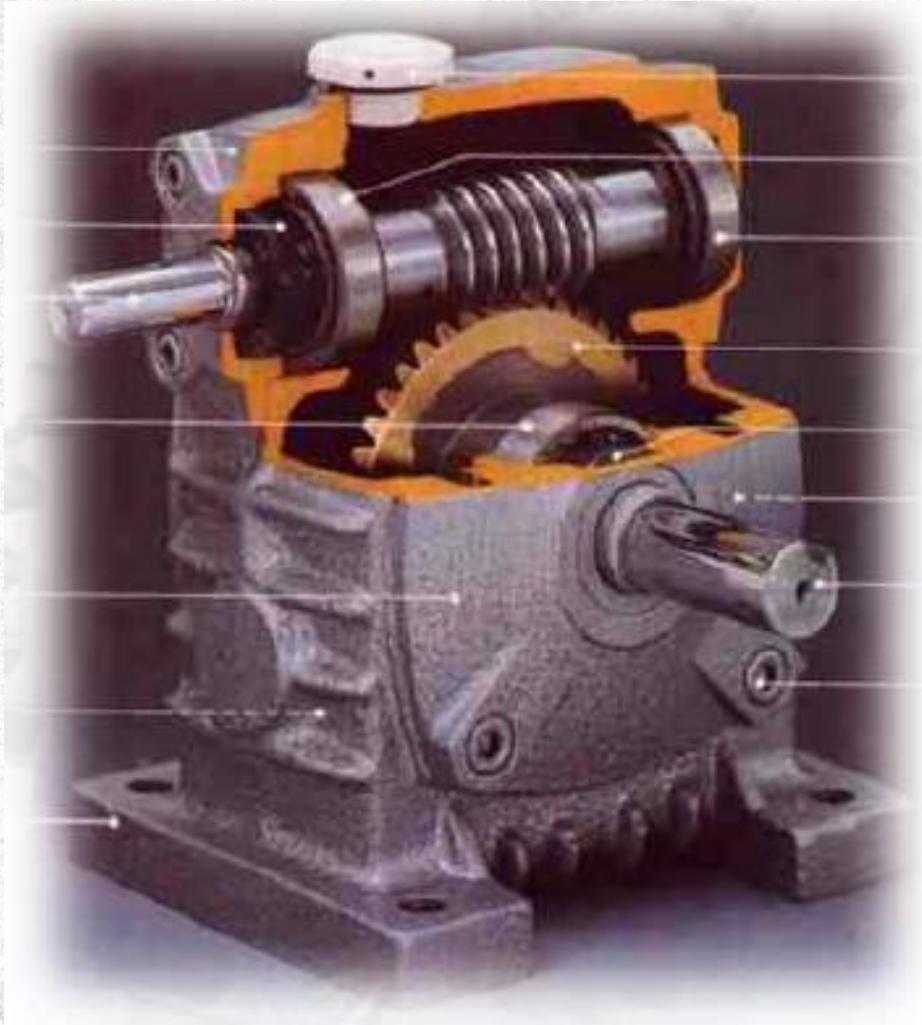


# ¿Que practicas de lubricación tiene actualmente?



**¿ALGUNA VEZ HA VISTO ALGO PARECIDO?  
¿SE TIENE DEFINIDO POR CALCULO LA CANTIDAD Y LA FRECUENCIA  
CORRECTAS DE LUBRICACION?**

¿Se tienen los lubricantes correctos?



**ACEITE PARA  
ENGRANES:**

**¿ISO 220 EP, 320 EP  
O 460 EP?**

Y, POR OTRO LADO TENEMOS A LA CONTAMINACIÓN CON PARTICULAS SÓLIDAS EN LOS LUBRICANTES... QUE SON LA DESTRUCCIÓN DE LA MAQUINARIA... POR EJEMPLO, EN EL CASO DE UN SISTEMA HIDRÁULICO

80 %

i



Especial atención  
para exámenes de  
certificación en  
base a Norma ISO  
18436-4

Y EL AGUA ES OTRO ENEMIGO QUE REDUCE  
SIGNIFICATIVAMENTE LA VIDA DE LA MAQUINARIA...

- Estudios han demostrado que la vida de un rodamiento se puede aumentar

**80 % DE REDUCCION DE VIDA  
 $L_{10}$  DEL RODAMIENTO**



Referencia:

"Effect of water in lubricating oil on bearing fatigue life, 31st annual ASLE meeting.

## CONTAMINACIÓN Y PÉRDIDA: ¿CUÁL ES EL EFECTO DE LOS CONTAMINANTES EN LA PRODUCTIVIDAD DE SU EMPRESA?



DENISON Hydraulics



Techgnosis



HYDAC

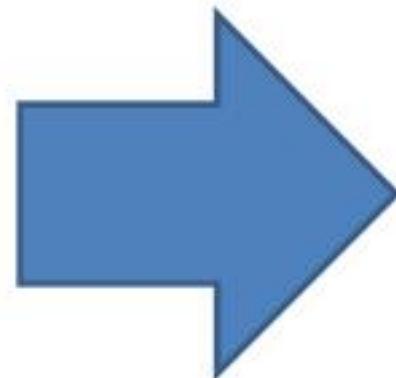


80 %

POR TANTO: SI SE TOMAN ACCIONES SISTEMATICAS, CONCRETAS E INMEDIATAS PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN, SE INCREMENTAN LAS UTILIDADES DE LA EMPRESA

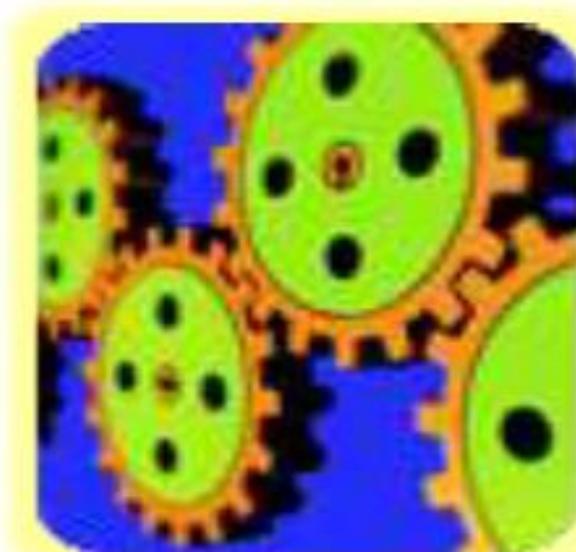
## 2. Tribología: Fricción, Desgaste y Lubricación

AÚN LA  
SUPERFICIE  
MÁS LISA  
TIENE  
RUGOSIDADES



**FRICCION ES  
LA FUERZA  
QUE SE OPONE  
AL  
MOVIMIENTO  
DE 2  
SUPERFICIES**

# La película lubricante



# ¿Qué es la tribología y cuál es su campo de estudio?

Término utilizado desde fines del siglo XX. Deriva de la palabra griega “Tribos” (frotar, rozar) y “Logos” (estudio, tratado). Hoy se usa para definir la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación de las superficies en contacto o movimiento relativo



La palabra fue introducida en un reporte del Departamento Británico de Educación y Ciencia a mediados de los 60's.



## Fin de la Tribología:

Prolongar la vida útil de los equipos y componentes mecánicos, por medio del control y reducción del desgaste de los mismos a través de la lubricación



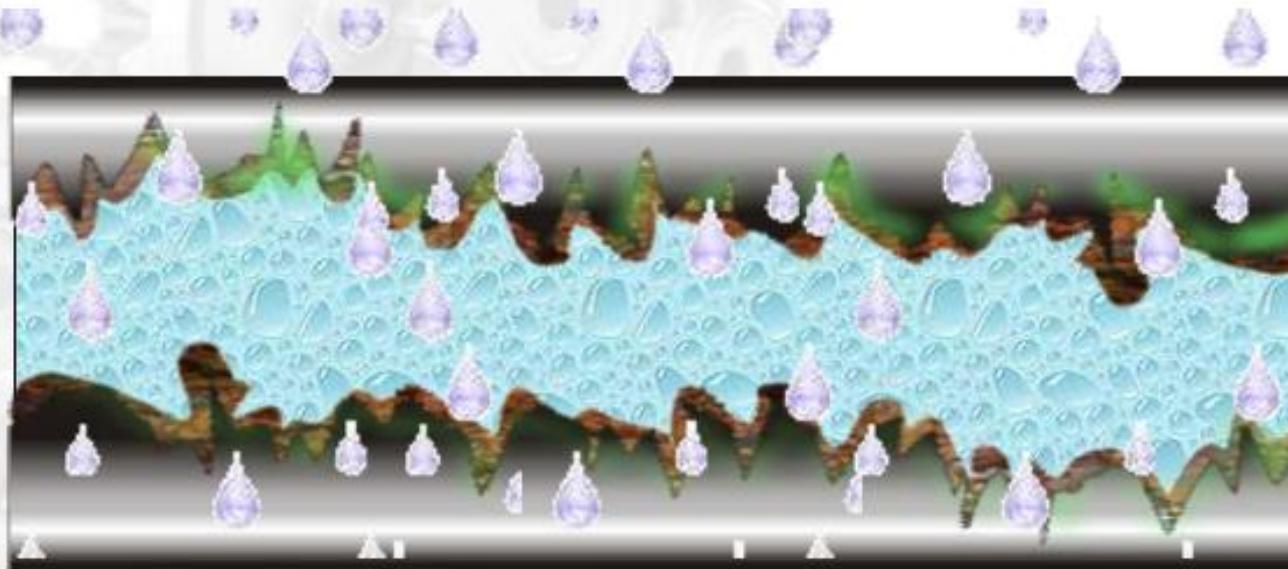
EL EFECTO DEL FUEGO EN EL DESGASTE



Y LA PERDIDA DE PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA

Y SIN EMBARGO, AUN CUANDO EL LUBRICANTE APORTA TAN ALTA CAPACIDAD DE CARGA, ELLO **NO** ES SUFFICIENTE...

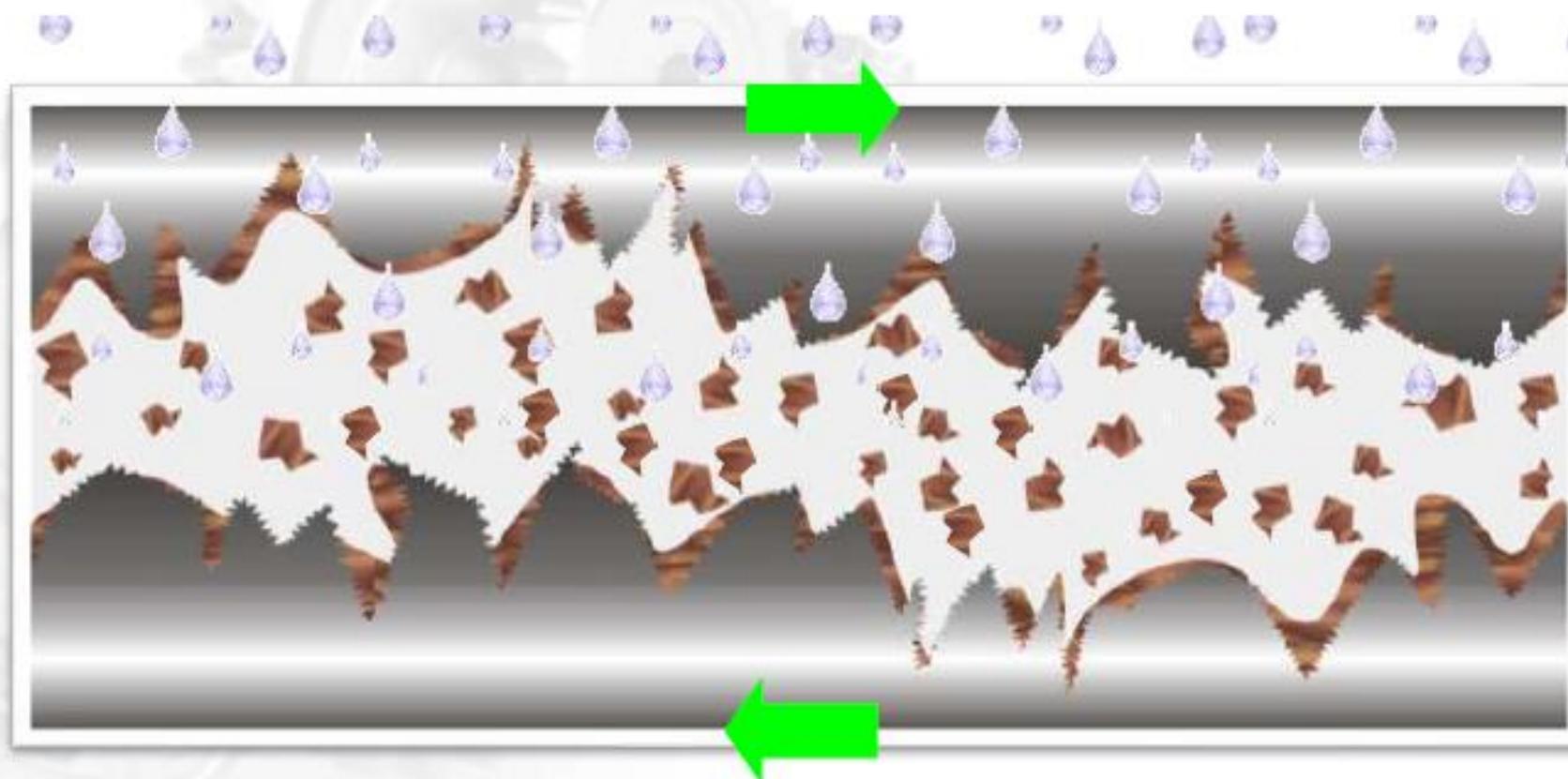
PUES SE TIENE LA PRESENCIA DE AGUA, LA CUAL ...



... CORROE AL METAL, OXIDA EL ACEITE Y AGOTA LOS ADITIVOS

# EFECTO DEL AGUA

DESGASTE POR CORROSIÓN (HERRUMBRE = OXIDO DE HIERRO)



**EL MONSTRUO DE LA  
CORROSION es FeO...**

**FeO = óxido de hierro  
(herrumbre)**

**CAUSA DE FALLA DE  
LA MAQUINARIA Y  
PERDIDA DE  
PRODUCTIVIDAD**



## DESGASTE... LA DESTRUCCIÓN DE LA MAQUINARIA

**DESGASTE:** Pérdida de parte de la superficie de un material, como resultado de una acción mecánica y/o química

### ADHESIVO:

Por contacto metal-metal  
transferencia metálica y  
microsoldaduras, debido a falta de  
película lubricante y altas cargas

### EROSIÓN:

Desgaste causado por la acción de un fluido –gas o líquido-, se incrementa si el fluido choca vs la superficie a alta presión y si además, contiene partículas sólidas duras, como en un sistema hidráulico, por ejemplo

### POR FATIGA:

Desprendimientos superficiales por prolongados esfuerzos mecánicos



### ABRASIVO:

Rayado por partículas duras en el lubricante (Efecto “lija”)

### POR CAVITACIÓN:

Formación de cavidades por impacto implosivo de burbujas en el fluido

### CORROSIVO:

Alteración de las superficies por ataque químico (por agua, por ejemplo)

# LUBRICMAN

## PODERES

- Mantiene separadas las superficies
- Resiste altas cargas
- Evita la fricción
- Evita el desgaste
- Aumenta la Confiabilidad de la maquinaria
  
- **LUBRICAR = SEPARAR**



↑  
Espesor típico de película lubricante: de 0.5 a 20 micrones  
↓

# Viscosidad

- Es la resistencia a fluir
- Es también una medida de la fricción interna del aceite
- Es la propiedad más relevante del aceite para fines de lubricación, pues aporta el espesor de película necesario para mantener separadas las superficies lubricadas



A MAYOR VISCOSIDAD, MENOR FLUIDEZ...



# VISCOSIDAD CINEMÁTICA

## MÉTODO

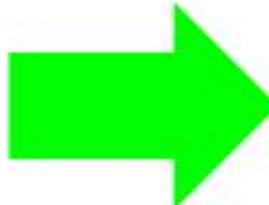
## ASTM - D 445

## DESCRIPCIÓN

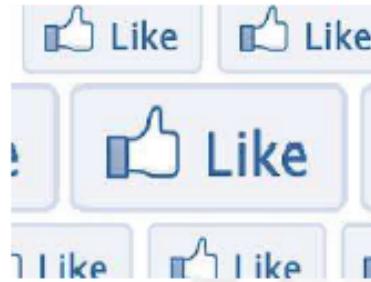
- Se mide el tiempo (en segundos) necesario para que un volumen determinado de aceite fluya bajo la acción de la fuerza de gravedad a través de un viscosímetro (capilar) calibrado. Actualmente se usan viscosímetros automáticos
- La viscosidad dinámica (en centiPoises, cP) puede obtenerse al multiplicar la viscosidad cinemática (en centistokes, cSt) por la densidad (en gr/cm<sup>3</sup>) del aceite. Densidad típica del aceite = 0.89 gr/cm<sup>3</sup>
- Se multiplican los segundos por la constante del viscosímetro para obtener los centiStokes
- Mayor tiempo → mayor viscosidad (y viceversa)

## ¿QUÉ MIDE?

- La viscosidad del aceite en cSt @ 40°C y @ 100°C
- La viscosidad cinemática es la resistencia a fluir como resultado de la fuerza de gravedad



# Unidades de viscosidad cinemática y dinámica o absoluta



$$cP = cSt \times \text{densidad} \sim 0.89 \times cSt$$
$$SSU = 4.55 \times cSt$$

$$\text{Engler}^* = cSt / 7.45$$

$$\text{Segundos Redwood} = cSt / 0.2469$$

\* La densidad promedio del aceite @ 24 °C es de 0.89 gr/cm<sup>3</sup>

Y las unidades de viscosidad en orden de popularidad (uso) son:

# 1. centiStokes (cSt) = mm<sup>2</sup>/seg

# 2. centiPoises (cP)

# 3. Segundos Saybolt Universal (SSU)

# 4. Segundos Redwood

# 5. Grados Engler



TALLER: Un aceite tiene 100 cSt de viscosidad. ¿Cuál es su viscosidad en cP y en SSU?

cP =

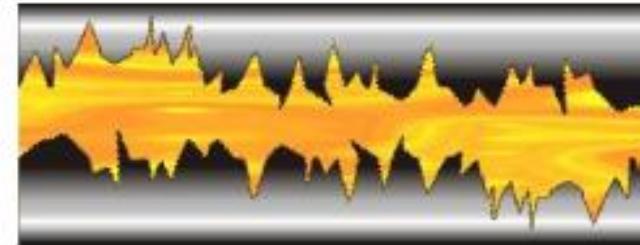
SSU =

# Efecto de la temperatura en la viscosidad del aceite

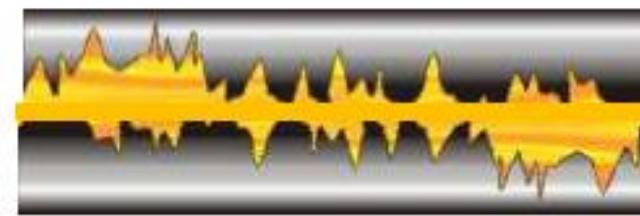
**“A MAYOR TEMPERATURA, MENOR VISCOSIDAD Y VICEVERSA”**

AUMENTO DE TEMPERATURA:  
REDUCCION DE LA PELICULA LUBRICANTE... CONTACTO METAL – METAL Y EVENTUAL DESGASTE...

REDUCCION DE TEMPERATURA:  
AUMENTO DEL ESPESOR DE LA PELICULA LUBRICANTE, MENOR FLUIDEZ, MENOR LUBRICACION...



Sin  
fricción



Fricción  
sólida



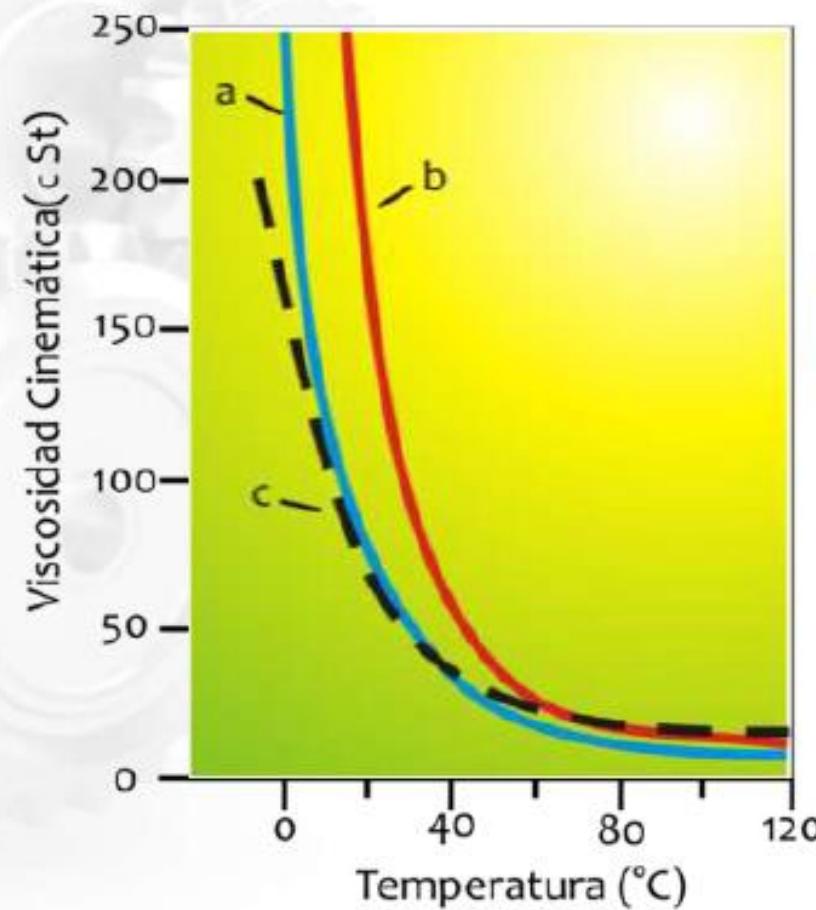
Fricción  
fluida

# Comportamiento viscosidad vs temperatura

- El comportamiento viscosidad vs temperatura es exponencial:

Curva V-T ARITMETICA para varios aceites:

a, aceite básico parafínico  
b, aceite básico nafténico  
c, aceite vegetal.



- La viscosidad se reduce al aumentar la temperatura y viceversa.



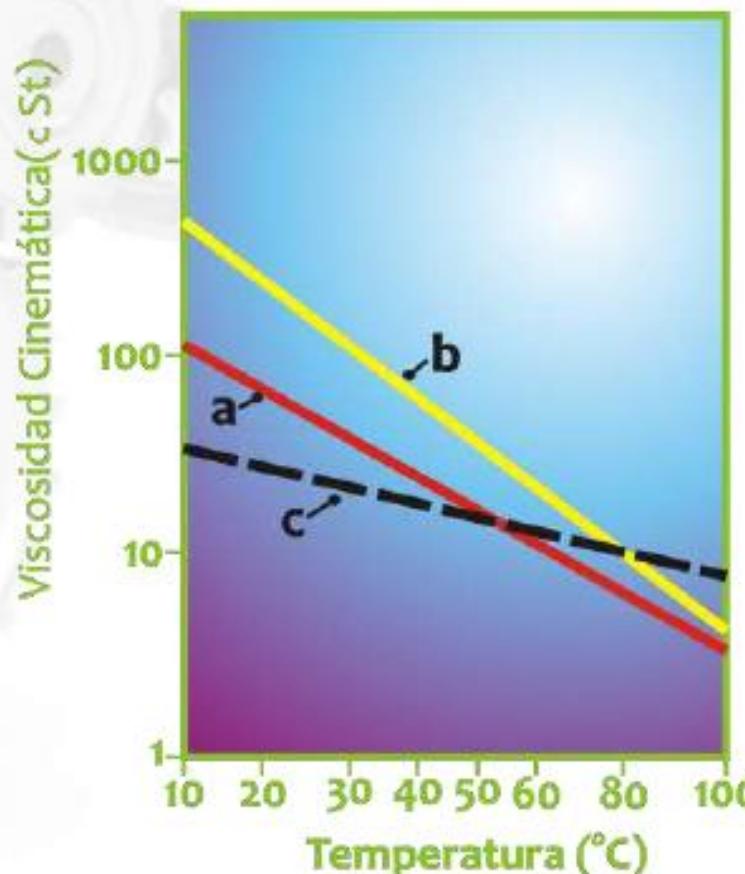
# Comportamiento viscosidad vs temperatura

$$\log \log (V+C) = K-m \times \log T$$

Donde:

- C y K → son constantes
- T → es la temperatura en grados Kelvin
- m → es la pendiente de la línea V-T
- V → es la viscosidad cinemática en centiPoises

NOTA: La ecuación Ubbelohde – Walter constituye la base de los métodos de cálculo establecidos por ASTM (American Society for Testing and Materials) y DIN (Deutsches Institut für Normung)

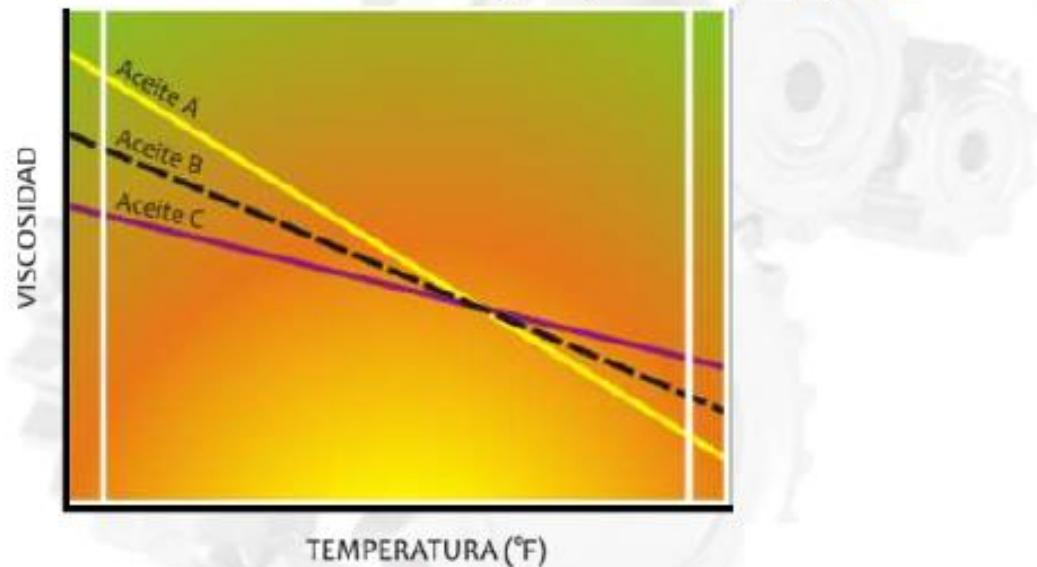


Curva V -T  
LOGARITMICA para  
varios aceites:  
  
a, aceite básico  
parafínico  
b, aceite básico  
nafténico  
c, aceite vegetal.

# Índice de viscosidad (IV)

El IV es una medida de qué tanto cambia la viscosidad al variar la temperatura

- Un IV “alto” (mayor a 90) significa que el cambio es menor
- Un IV “bajo” (menor a 70) significa que el cambio es mayor



¿Qué aceite (A, B ó C)  
preferiría para  
lubricar su maquinaria?

:Por qué escogió el aceite?

Índice de Viscosidad de Varios Aceites

	Viscosidad Cinemática cSt		Índice de Viscosidad (IV)
	40°C	100°C	
Aceite Nafténico	30	4.24	40
Aceite Parafínico	30	5.23	105
Poliéster	120	20.9	200
Silicón	120	50.0	424
Aceite Multigrado de Motor (SAE 10W - 30)	70	11.1	165
Ester	30	5.81	140

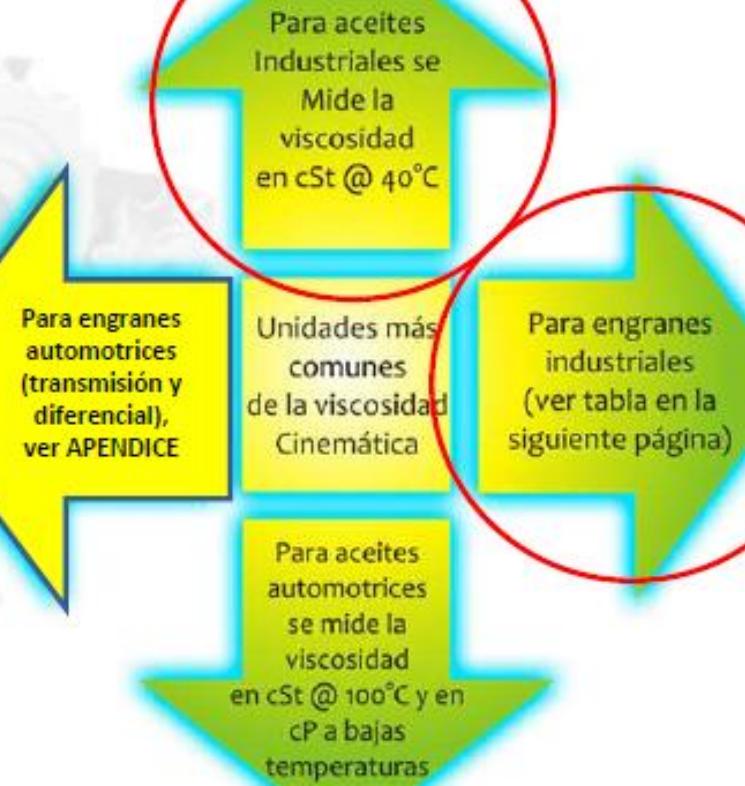
El índice de viscosidad de un aceite se determina a partir de la viscosidad en centiStokes (cSt) @ 40 °C y @ 100 °C

## SISTEMAS DE CLASIFICACION DE VISCOSIDAD

**ISO:**  
International  
Standards  
Organization

**SAE:**  
Society of  
Automotive  
Engineers

**AGMA:**  
American Gear  
Manufacturers  
Association



# Fabricación de aceites lubricantes



# Básicos y tipos de básicos



