



MAGNA

The logo consists of the word "MAGNA" in a bold, white, sans-serif font. The letter "G" is unique, featuring a teal-colored diamond shape that overlaps the vertical strokes of the letters "M", "A", and "N".

INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN



# GESTOR EN TRIBOLOGÍA & LUBRICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO

# Módulo IV: Análisis y Diagnóstico de Fallos

**MAGNA**  
INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

- Métodos de análisis de fallos tribológicos en maquinaria industrial
  - . Interpretación de análisis de aceite y análisis de desgaste
  - . Herramientas de diagnóstico para la detección precoz de problemas tribológicos

# Escalera del conocimiento



- Fui mal almacenado
- Hace mucho calor
- El filtro está roto
- Me mezclaron con otro tipo de lubricantes
- Me contaminaron con agua
- Me contaminaron con combustible
- Me contaminaron con partículas
- Me contaminaron con químicos
- Me contaminaron con aire
- Llevo demasiado tiempo trabajando en este sistema
- Yo no debería de estar trabajando en esta maquina

## Tu Aceite te Está Hablando

Aceite Equivocado

Contaminación

Aqua

Alta temperatura

Desgaste

Mala Operación



Mala Calidad

Combustible

Vibración

Desalineamiento

Rebabas

Desgaste



## Pasos para un análisis de aceite mas efectivo

Ya sea que se tenga un programa de análisis de aceite o este por implementarlo, es imperativo asegurar que el equipo sea muestreado apropiadamente para cumplir con las metas de un programa específico de mantenimiento. Para darle un cimiento apropiado, deben responderse seis preguntas básicas:

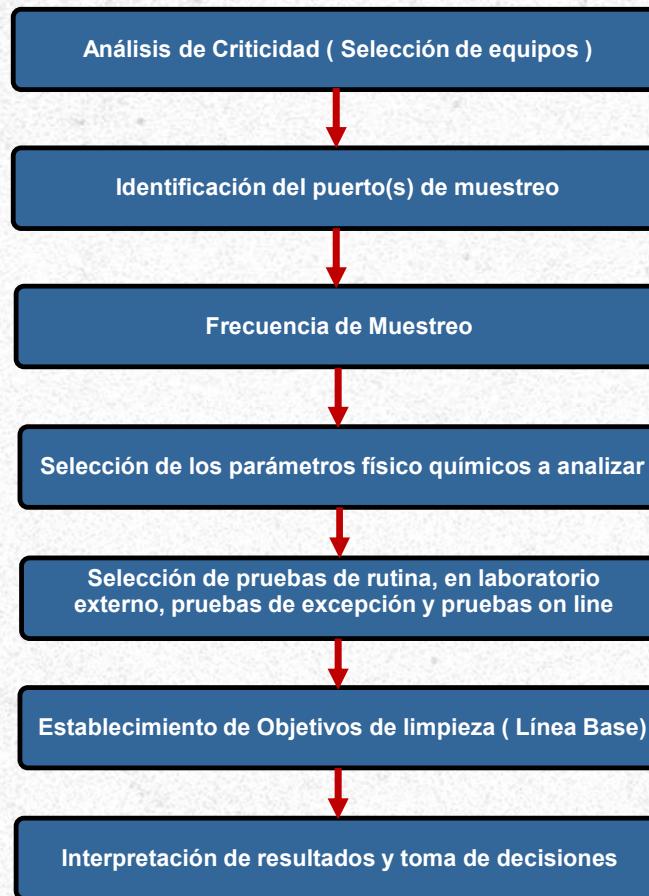
1. ¿Qué es lo quiere de su programa de análisis de aceite?
2. ¿Qué equipos necesitan ser muestreados?
3. ¿En que parte del equipo debe tomarse la muestra?
4. ¿Cómo se van a extraer las muestras?
5. ¿Con que frecuencia deben tomarse las muestras?
6. ¿Qué pruebas son necesarias?

**El análisis de aceite no sólo va a permitir monitorear el estado de desgaste de las maquinas, detectar fallas incipientes, sino también establecer un Programa de Lubricación basado en Condición.**

**Los fabricantes de equipos recomiendan Planes de Mantenimiento que incluyen cambios de lubricantes a intervalos fijos, llevándonos a un costoso mantenimiento, pues sustituye lubricantes todavía aptos para el uso.**



# Elementos básicos de un programa de Análisis de Lubricante



# LO QUE EL ANALISIS DE ACEITE PUEDE DECIRLES

	Aceite nuevo y en servicio		En servicio		Después de la falla
	Detección de causa raíz	Detección de falla incipiente (temprana)	Diagnóstico del problema	Pronóstico de la falla	Post-mortem
Lo que le dice el análisis de aceite	Está ocurriendo algo que puede llevarlo a la falla – condiciones de causa raíz	Existe una falla en etapa temprana que de otra manera pasaría desapercibida – por ejemplo, desgaste anormal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la naturaleza del problema observado?</li> <li>• ¿De dónde proviene?</li> <li>• ¿Cuál es el modo de falla?</li> <li>• ¿Cuál es la causa raíz?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué tan severa o amenazante es la condición?</li> <li>• ¿Cuánto tiempo de vida le queda?</li> <li>• ¿Se requiere implementar medidas correctivas?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué provocó la falla?</li> <li>• ¿Podría haberse evitado?</li> </ul>
Lo que usted monitorea	Partículas, agua, viscosidad, termografía, aditivos, oxidación, AN/BN, hollín, glicol, FTIR, RPVOT	Concentración de partículas de desgaste, termografía, conteo de partículas, humedad, análisis de elementos, viscosidad, ferrografía analítica	Partículas de desgaste por AES, agua, conteo de partículas, termografía, viscosidad, ferrografía analítica, análisis de vibraciones	Desgaste por análisis de elementos (AES), ferrografía analítica, análisis de vibraciones, termografía	Ferrografía analítica, densidad ferrosa, desgaste por AES
Modo de mantenimiento	Proactivo	Predictivo	Predictivo	Predictivo	Autopsia – aprender de la falla
Ahorros relativos (10 = Alto, 1 = Bajo)	10	6	3	2	1

**El análisis de aceite es una técnica que realizando medidas de algunas propiedades físicas y químicas proporciona información con respecto a:**

- **La salud del lubricante**
- **Contaminación del lubricante**
- **Desgaste de la maquinaria**

**El análisis de aceite nos indica como se encuentra los aditivos, el básico, los contaminantes y muy importante, nos permite conocer y predecir el estado de la maquina y además, determina la causa raíz de falla, a fin de tomar acciones proactivas y eliminarlas.**

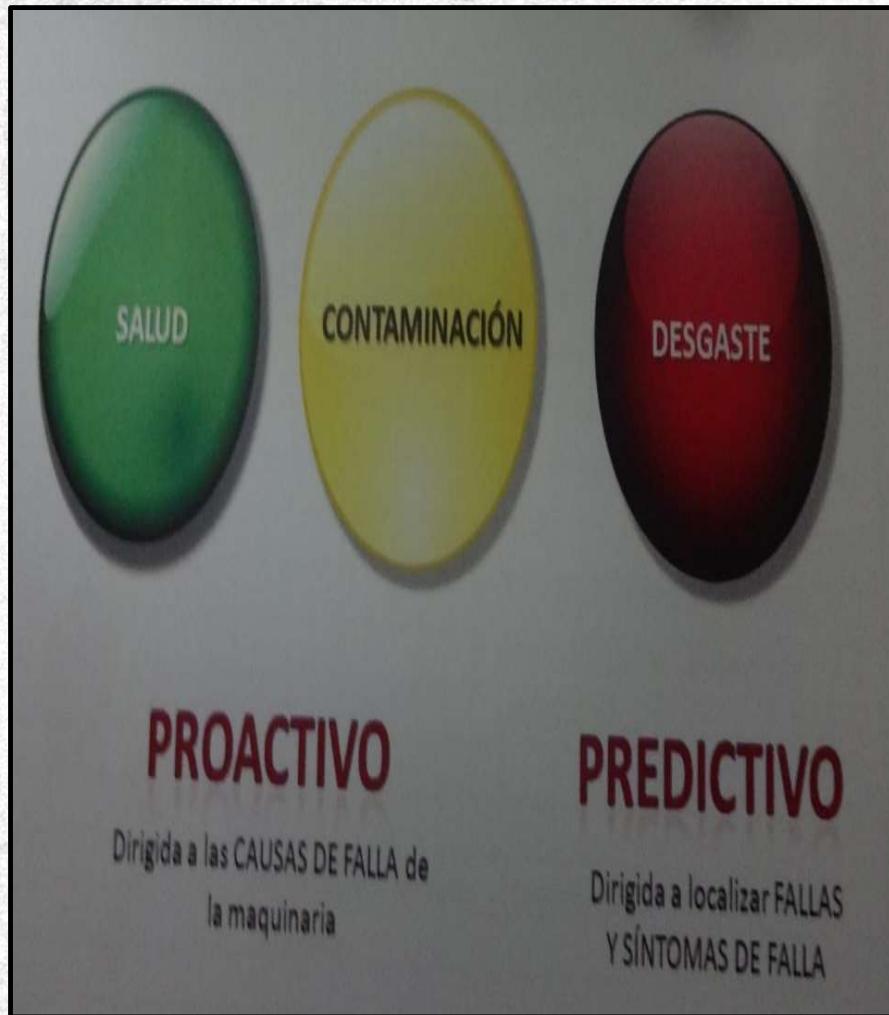
**El análisis de aceite nació con un enfoque predictivo, el cual ha sido utilizado para identificar las condiciones de la maquina con respecto a su desgaste. Sin embargo en la actualidad el análisis de aceite es visto además como una estrategia proactiva.**

**Si enfocamos el análisis de aceite a identificar fallas en lugar de ver el efecto síntoma, es muy posible que podamos controlar y por ende ampliar la vida útil de los activos.**

## TRES CATEGORIAS DEL ANALISIS DEL LUBRICANTE

Qué se analiza	1. Salud	2. Contaminación	3. Desgaste
Conteo de partículas	○	●	●
Análisis de humedad	○	●	○
Análisis de viscosidad	●	●	○
Densidad ferrosa	○	○	●
Ferrografía analítica	○	●	●
AN/BN	●	●	●
FTIR	●	●	○
Prueba de membrana	○	●	●
Punto de inflamación	●	●	○
Ánalisis de elementos	●	●	●
	Proactivo	Proactivo	Predictivo

- Alto beneficio
- Beneficio menor
- Sin beneficio



**LAS TRES CATEGORÍAS  
DEL ANÁLISIS DE LUBRICANTE**

**PROACTIVO**

**SALUD DEL LUBRICANTE**

Identificar si el lubricante es el correcto y está en condiciones de seguir protegiendo a la máquina



**CONTAMINACIÓN DEL LUBRICANTE**

Identificar si el lubricante está contaminado e identificar el contaminante

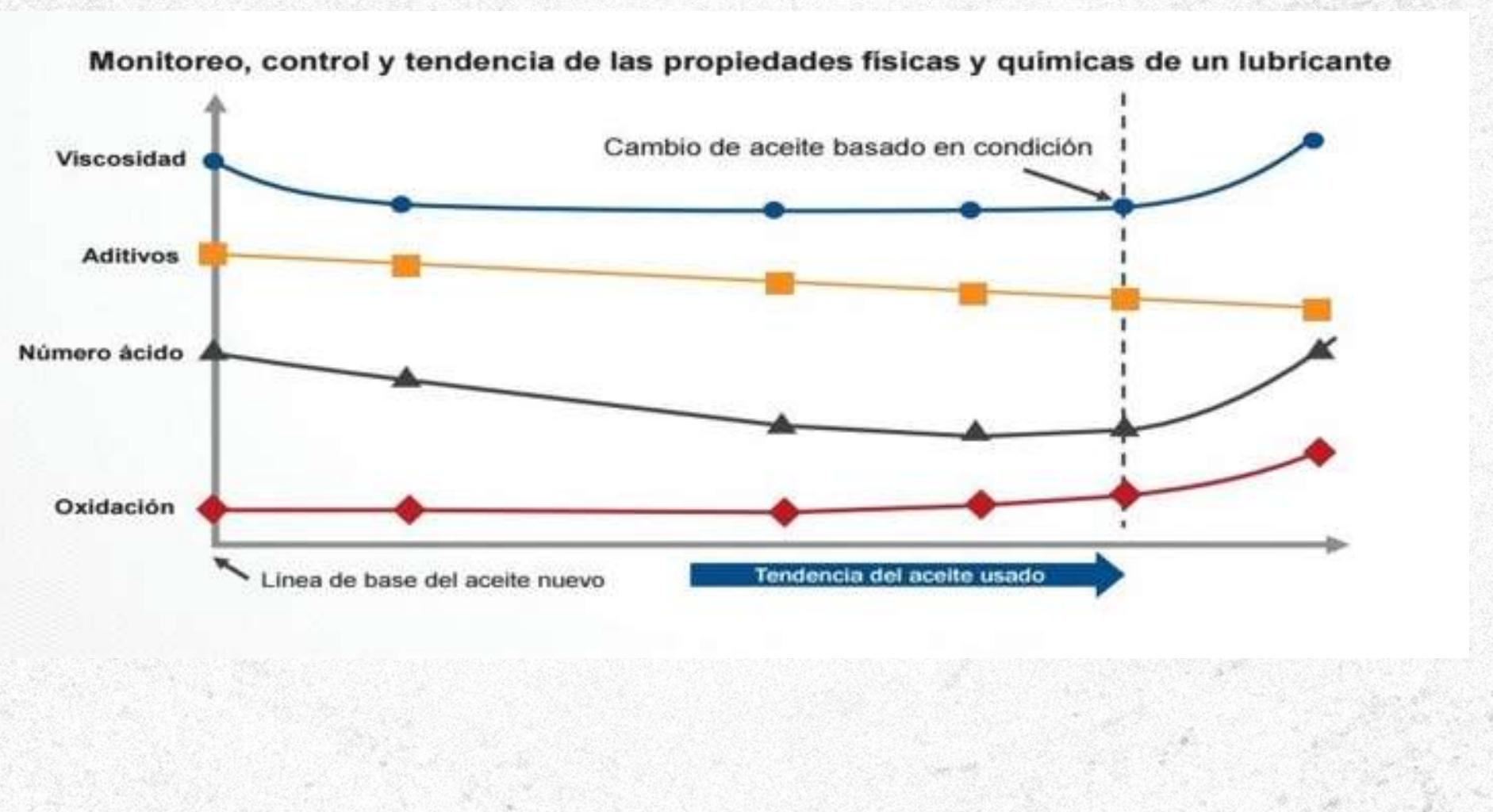
**PREDICTIVO**

**DESGASTE DE LA MÁQUINA**

Identificar la condición de los componentes de la maquinaria.



## 1ra CATEGORIA: SALUD DEL LUBRICANTE - PROPIEDADES DEL LUBRICANTE



## 2da CATEGORIA: CONTAMINACION DEL LUBRICANTE

NUEVO NIVEL DE LIMPIEZA (Código ISO)

	20/17	19/16	18/15	17/14	16/13	15/12	14/11	13/10	12/9	11/8	10/7
20/23	9 4	3 2,5	7 4,5	3 3	9 6,5	6 4	10 7,5	8 5	10 7,5	9 6	10 7,5
19/22	8 3	2,5 1	5 3,5	3 2	9 6	4 3	10 7,5	6 4	10 7,5	8 6	10 7,5
18/21	8 2,5	2 1,5	4 2	3 1,5	7 5	4 3	10 7,5	8 6	10 7,5	9 6	10 7,5
23/20	8 1,7	2,5 1,3	3 2,5	2 1,5	7 5,5	3 3	8 7,5	5 4	10 8,5	6 4	10 8,5
22/19	1,6 1,4	1,1 1,1	2 1,6	3 2	4 3,5	3 3	7 5,5	8 6	10 8,5	6 4	10 8,5
21/18	1,5 1,2	1,5 1,1	1,5 1,2	1,2 0,7	2 1,5	4 2,5	5 3	7 3,5	9 4	10 9	7 4
20/17		1,2 1,2	1,2 1,2	0,8 0,8	2 1,7	1 1	4 2,5	5 3	7 4	9 5	10 7
19/16			1,2 1,2	0,8 0,8	0,5 0,5	2 1,2	3 2	4 2,5	5 3	7 4	9 6
17/14				1,2 1,2	0,8 0,8	1,5 1,5	2 1,2	3 2	4 2,5	5 3	7 4
16/13					1,2 1,2	1,2 1,2	1,5 1,5	2 1,2	3 2	4 2,5	6 4
15/12						1,2 1,2	1,2 1,2	1,5 1,5	2 1,2	3 2	4 2,5
14/11							1,2 1,2	1,2 1,2	1,5 1,5	1,9 1,5	2,3 1,8
13/10								1,2 1,2	1,2 1,2	1,5 1,5	2,5 1,8

LIMPIEZA ACTUAL (Código ISO)

300% Aumento de la extensión de la vida

35% Aumento de la extensión de la vida

### Leyenda de la tabla

Hidráulicos y motores diesel	Rodamientos
Cojinetes y turbomaquinaria	Cajas de engranajes y otros

Basado en ISO 4406:17 - se ha omitido el número de rango de 4 micrones.

### 3ra CATEGORIA: ANALIS DE DESGASTE

#### 1 Uso de la información en la detección

#### 2 Uso de la información en el análisis

Exámen de problemas en el sitio

Análisis de aceite de laboratorio

Pruebas de excepción

- Conteo de partículas
- Vibración
- Termografía
- Inspección de partículas en filtro
- Inspección de tapón magnético
- Monitoreo de desgaste en línea

Densidad ferrosa

Análisis de elementos  
ICP o RDE

Preparar  
ferrograma,  
filrograma  
o  
SEM

- Análisis microscópico**
- Tamaño
  - Rugosidad
  - Textura
  - Magnetismo
  - Color
  - Efectos de luz
  - Tratamiento con temperatura
  - Morfología
  - Microscopía química
  - Sedimentación gravitacional
  - Composición (SEM)

SEM = Microscopía de escaneo electrónico

ICP = Espectrometría de plasma acoplada

RDE = Espectrometría de disco rotatorio

## PREDICTIVO – IDENTIFICANDO LA CONDICION DEL LUBRICANTE Y LA MAQUINA



- Monitorizar el desgaste normal de los componentes
- Identificar el inicio del desgaste anormal
- Identificar la severidad del desgaste
- Identificar el componente que se desgasta
- Identificar la causa del desgaste
- Controlar o eliminar la CAUSA
- Identificar el agotamiento de los aditivos del lubricante

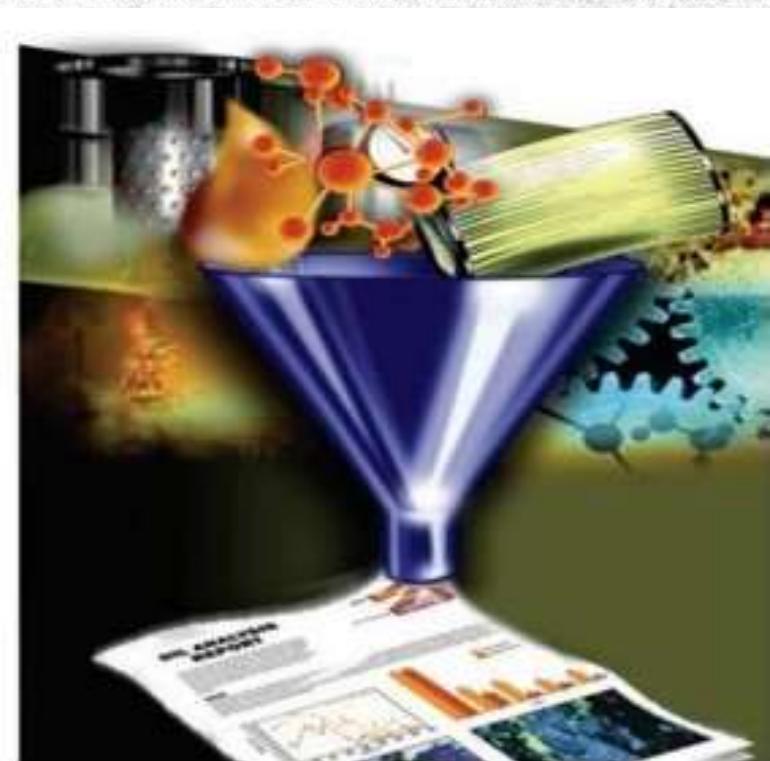
## PROACTIVO – IDENTIFICANDO OPORTUNIDADES EN EL DISEÑO Y EJECUCION EN EL PROCESO DE LUBRICACION



- El análisis de aceite permite identificar el **ADN** de su proceso de lubricación.
- Cualquier error en el proceso de selección del lubricante, su almacenamiento, manejo, aplicación o contaminación en operación, **será detectado** por un programa de análisis de aceite bien diseñado.
- El análisis de aceite es una estupenda manera de **MEDIR** la eficiencia de tu proceso de lubricación

## LOS PILARES DEL ANALISIS DEL LUBRICANTE

- La selección correcta de las máquinas a muestrear
- La frecuencia de muestreo correcta
- Los puertos de muestreo correctos
- Los procedimientos de muestreo correctos
- La selección correcta del laboratorio
- El conjunto de pruebas correcto para cada máquina
- Los límites y objetivos correctos
- La estrategia de interpretación correcta



## TIPOS DE ANALISIS DEL LUBRICANTE

### Sensores desatendidos en tiempo real

Se instalan sensores permanentes dedicados a una sola máquina o un grupo de máquinas



En tiempo real

### Inspecciones de campo sin Instrumentos

Tipicamente efectuadas diariamente al examinar visores, mirillas, tapones magnéticos, etc.



Diario

### Instrumentos portátiles y pruebas de campo

Se utilizan instrumentos portátiles en la máquina sin necesidad de tomar muestra en una botella



Rutina

### Análisis en laboratorio

Se toman muestras y se envian a un laboratorio interno o externo



Periódico

# OBJETIVOS DE LA TOMA DE MUESTRAS

**El éxito de un programa  
de análisis de lubricantes  
comienza con un  
muestreo apropiado**

## Tres objetivos de una buena muestra

- **Maximizar la densidad de información**  
(líneas de retorno, codos, antes de filtros)
- **Minimizar la distorsión de la  
información**  
(botellas limpias, métodos adecuados de  
muestreo, purgado de puertos, accesorios  
limpios)
- **Frecuencia correcta**



## Consideraciones de muestreo

- **Ubicación del puerto de muestreo**
- **Procedimiento de muestreo**
- **Equipo para toma de muestra**
- **Botella de muestreo**
- **Documentación de la muestra**  
(incluyendo información colateral)

## **Identificación del puerto de toma de muestra :**

**En el proceso de la toma de muestras puede ocurrir errores y producirse interferencias que harán que los resultados del análisis no representen las condiciones reales de la maquinaria y la interpretación puede llevar a conclusiones incorrectas. Los errores e interferencias más comunes en el proceso de la toma de muestra son:**

- Tomar la muestra del puerto de muestreo incorrecto**
- Utilizar la botella de muestra incorrecta**
- Aplicar el procedimiento incorrecto**
- No purgar los dispositivos de toma de muestra**
- Contaminar la muestra al momento de tomarla**



**La toma de muestras de aceite tiene tres objetivos principales:**

- 1. Maximizar la densidad en la información**
- 2. Reducir al mínimo la distorsión o interferencia de la información**
- 3. Frecuencia de muestreo adecuada**

**Para poder cumplir con lo anterior es necesario:**

- Colocar los puertos de muestreo en los lugares correctos en la maquinaria**
- Entrenar al personal que toma las muestras de aceite**
- Emplear el método correcto**
- Documentar los procedimientos**
- Utilizar las botellas para toma de muestra de aceite con el objetivo de limpieza de la maquina**
- Proveer herramientas y equipos adecuados par el muestreo**
- La frecuencia de muestreo debe ser realizada en base a la criticidad de los equipos y a los objetivos de confiabilidad.**



**Existen tres opciones para la toma de muestra:**

- 1. La primera opción es tomar la muestra por el tapón de drenado, el inconveniente de esta opción es que la información histórica estará acumulada en esta zona y no se podrá obtener la información que realmente es representativa.**
- 2. La segunda opción es la de extraer la muestra utilizando una manguera plástica para insertarla en algún compartimiento de la máquina y extraer la muestra utilizando una bomba de vacío. Esta opción tampoco es adecuada, ya que implica que la localización de la manguera nunca será la misma, además la muestra puede verse contaminada por el proceso y sobre todo puede ser una práctica muy insegura.**
- 3. La tercera opción es la de instalar una válvula de toma de muestra fija en la maquina para que la muestra tomada sea siempre del mismo lugar. Esta opción es la mas recomendable.**

# MATERIALES PARA TOMA DE MUESTRA DE ACEITE

**MAGNA**  
INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

## Materiales para BAJA y MEDIA presión

Botella de muestra      Manguera  
Botella de purga      Bolsa de plástico  
Toalla                      Adaptador  
Bolígrafo                Bomba de vacío  
Etiqueta



## Materiales para ALTA presión

Botella de muestra      Manguera  
Botella de purga      Bolsa de plástico  
Toalla                      Adaptador  
Bolígrafo                Bomba de vacío  
Etiqueta                   Dispositivo reductor de presión  
                                para la presión esperada en la línea



## TOMA DE MUESTRAS



### Tres Objetivos para una Buena Muestra

- Maximizar la densidad de los Datos.
- Minimizar la alteración de Datos.
- Frecuencia Adecuada

### Consideraciones del Muestreo

- Localización de la Muestra.
- Dispositivos de Muestreo.
- Botella de Muestra.
- Procedimiento de Muestreo.

## LOCALIZACION DE PUERTOS DE MUESTREO – SISTEMAS CIRCULANTES

Muestreo después de  
la Bomba



### Aplicaciones

- Cuando las líneas de retorno son inaccesibles.
- Sistemas a pérdida total.
- Cuando las gotas de aceite caen directamente al depósito.

Ejemplos típicos: Motores a Diesel, Motores con Circulación, Compresores Circulantes, y mandos hidráulicos.

# PUERTO PRIMARIO Y SECUNDARIO

## **Localización del puerto de toma de muestra**

La solución de problemas utilizando el análisis de aceite se apoya en la instalación de varios puertos de toma demuestra en varias localidades para aislar los componentes individualmente. Aislando varios puertos de toma de muestra, se tiene el punto analítico para descubrir fallas potenciales de los componentes y analizar la causa raíz. Los puertos de toma de muestra se clasifican en dos categorías, primarios y secundarios.

### **Puertos primarios de toma de muestra**

Los puertos primarios de toma de muestra es el lugar donde se toman las muestras de rutina. El fluido obtenido en este punto es normalmente usado para el monitoreo de la contaminación del aceite, las partículas de desgaste y las propiedades físicas y químicas del aceite. Los puertos primarios de toma demuestra varían de sistema a sistema, sin embargo, siempre están

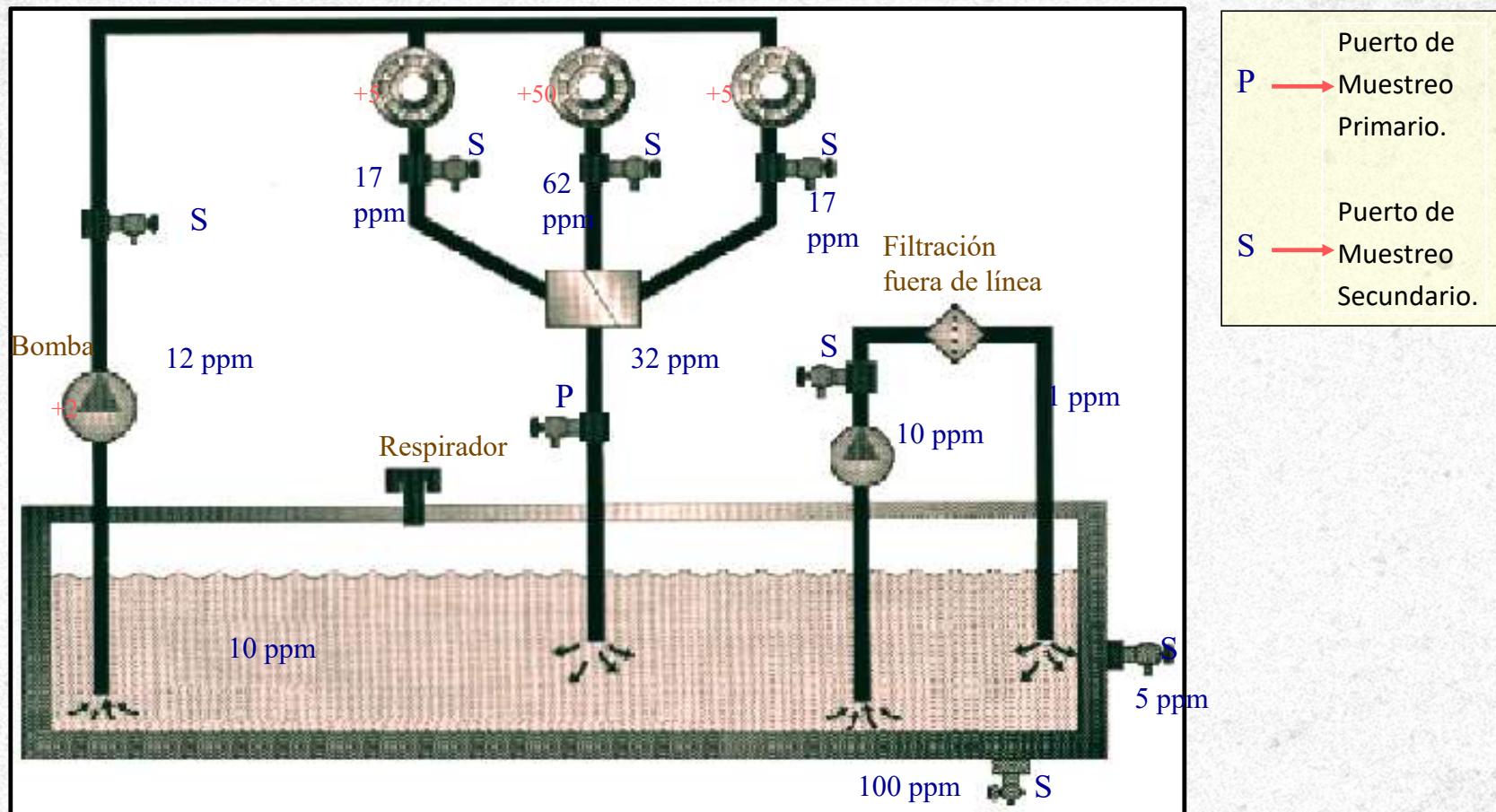
colocados en una línea simple de retorno antes de que el aceite llegue al tanque o depósito.

### **Puertos secundarios de toma de muestra**

Los puertos secundarios de toma de muestra pueden ser colocados en cualquier lugar aguas arriba para aislar los componentes. Ese es el lugar donde se puede encontrar la contaminación y el desgaste aportado por cada componente.

Considere una bomba de aceite que alimenta una serie de tres rodamientos (fig. 1). El retorno de los tres rodamientos se une en una sola linea antes de llegar al tanque. El puerto primario de toma de muestra se encuentra sobre la línea de retorno después de que las tres líneas de retorno de los rodamientos se juntan y antes de que el aceite llegue al tanque. Los puertos secundarios de toma de muestra se encuentran inmediatamente aguas abajo de la bomba (aguas arriba de los tres rodamientos) así como también aguas abajo de los tres rodamientos.

## ¿DONDE TOMAR MUESTRAS DE ACEITE?



# MUESTREO EN EL RETORNO DEL SISTEMA

## Turbulencia

Las válvulas de muestreo situadas en ángulo recto a la trayectoria del flujo en secciones rectas largas de la tubería pueden dar lugar al paso de las partículas, lo que básicamente conduce a una reducción sustancial de la concentración de partículas que entran en la botella de muestreo. Esto se puede evitar colocando las válvulas de muestreo en los codos y curvas pronunciadas en las tuberías.

## Puntos de entrada

Siempre que sea posible, los puertos de muestreo deben ubicarse después de los componentes que se desgastan y lejos de las zonas donde ingresan las partículas y la humedad. Las líneas de retorno y las líneas de drenaje que regresan al tanque ofrecen los niveles más representativos de partículas de desgasificación y contaminantes. Una vez que el fluido llega al tanque, la información se diluye.

## Filtración

Los filtros y separadores son eliminadores de contaminantes, por lo que pueden remover datos valiosos de la muestra de aceite. Las válvulas de muestreo deben ubicarse antes de los filtros, separadores, deshidratadores y tanques de sedimentación, a menos que se evalúe específicamente el desempeño del filtro.

## Líneas de drenaje

En las líneas de retorno donde los fluidos se mezclan con el aire, las válvulas de muestreo deben estar ubicadas donde el aceite viajará y se acumulará. En las tuberías horizontales, esto estará en la parte inferior de la tubería. A veces se deben instalar trampas de aceite, como un cuello de ganso, para concentrar el aceite en la zona del puerto de muestreo. Los sistemas de circulación en los que hay líneas de retorno específicas o líneas de drenaje de vuelta a un depósito son la mejor opción para las válvulas de muestreo.



Área altamente turbulenta



Línea de drenado o retorno

# MUESTREO EN ZONA VIVA

## Hacer

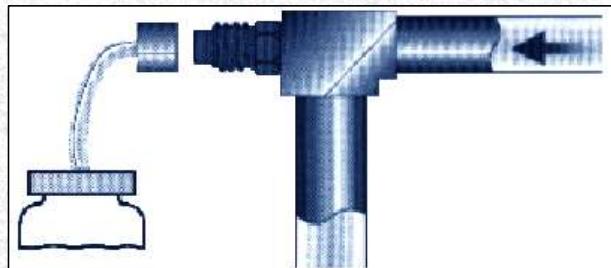
- Muestrear en zonas con fluidos en movimiento.
- Muestreo de las zonas turbulentas tales como codos.
- Muestreo de los rodamientos, bombas, chumaceras, cilndros y actuadores.
- Muestreo de la máquina durante las condiciones típicas de trabajo.

## No hacer

- Muestreo de una tubería sin movimiento, o tubos ciegos.
- Muestreo de las zonas de flujo laminar.
- Muestreo de los tanques de aceite o después del filtro.
- Muestrear cuando la máquina esté fría o sin trabajar.

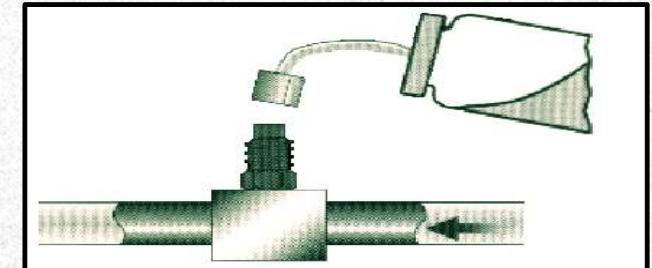
### Correcto

- Flujo turbulento.



### Incorrecto

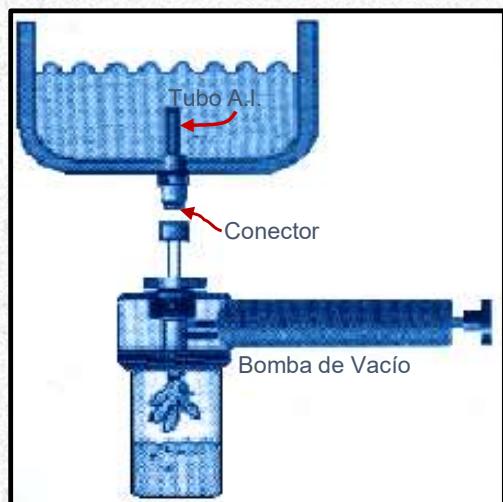
- Flujo laminar: Grandes partículas en las paredes.
- Flujo de alta velocidad : Las partículas pasan de largo.



## CONECTOR RAPIDO O PUERTO DE MUESTREO RAPIDO - BENEFICIOS



Líneas Presurizadas

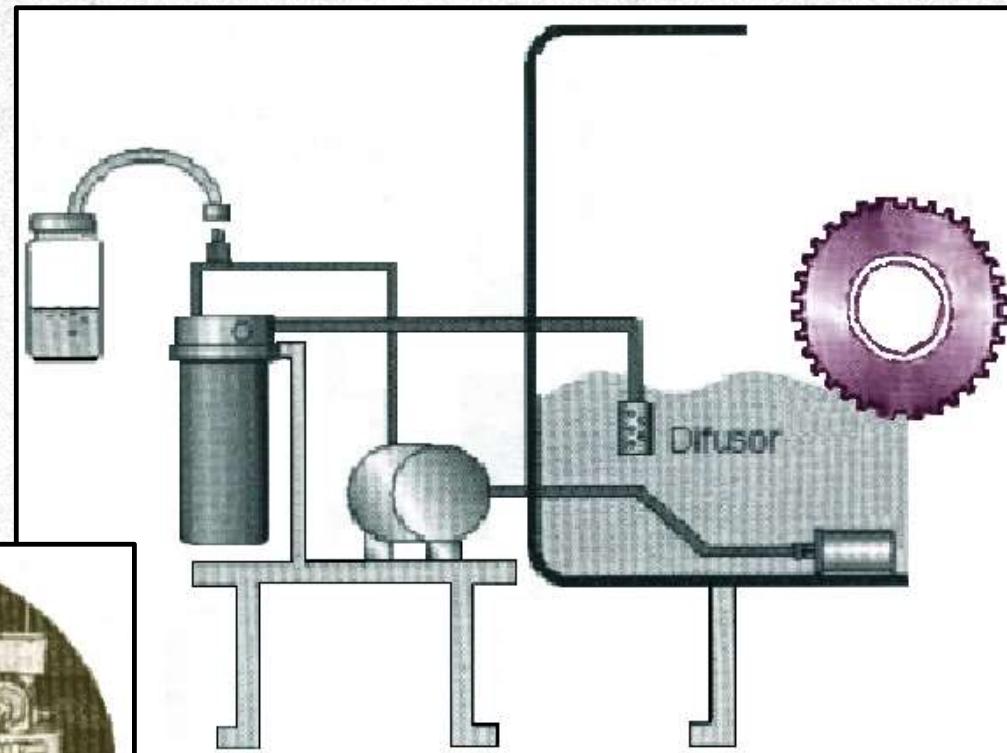
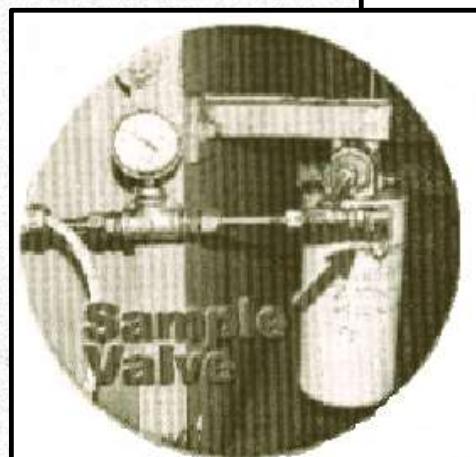


Sin Presión

- El volumen sin movimiento es mínimo.
- Tapón de rosca externa.
- Sello doble.
- Para muestreo por bomba de vacío o conector.
- Bajo costo de equipo e instalación.
- Interfase con instrumentos de campo.
- Diagnóstico de presión y temperatura.

## MUESTREO FUERA DE LINEA

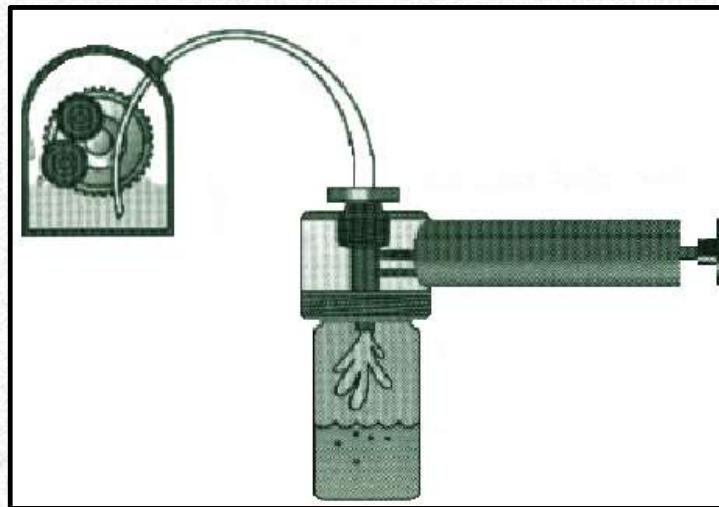
- Ideal para máquinas lubricadas por salpique o por baño de filtración fuera de línea.
- Coloque un puerto de muestreo en la zona viva entre la bomba y el filtro.



## MUESTREO CON MANGUERA Y TUBO Y BOMBA DE VACÍO

### Mejores Aplicaciones

- Muestreo del Tanque o Depósito (cuando se requiera).
- Aceites del motor, si no hay un puerto disponible en la zona viva.
- Aplicaciones en las que el conteo de partículas, rebabas de desgaste y humedad no son requeridas.



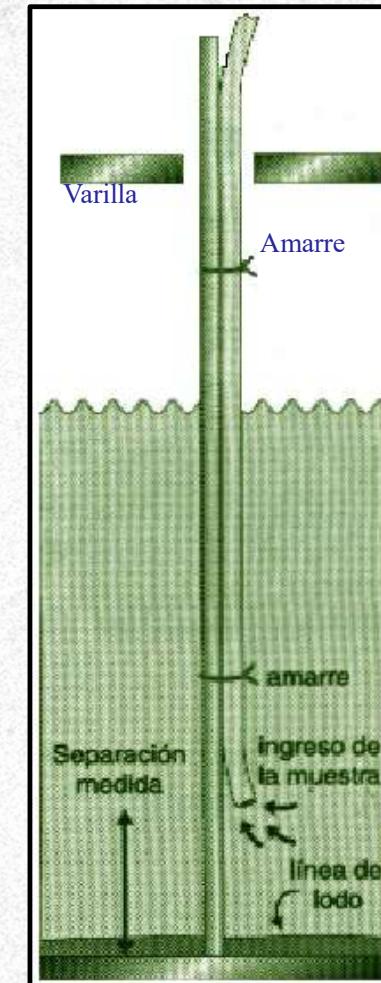
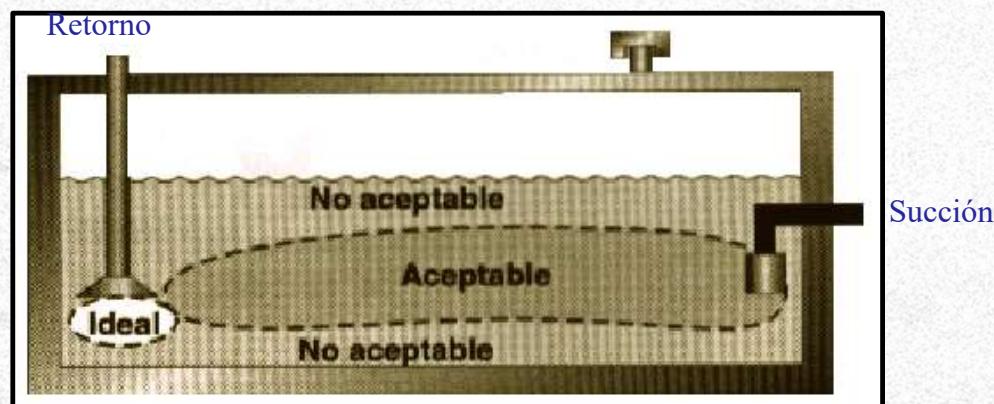
### Peores Aplicaciones

- Depósito de Cajas de Engranajes y de Rodamientos.
- Tanques grandes con pobre circulación.
- Aplicaciones Críticas.
- Donde se requiere de una tendencia confiable para el conteo de partículas, rebabas y humedad.

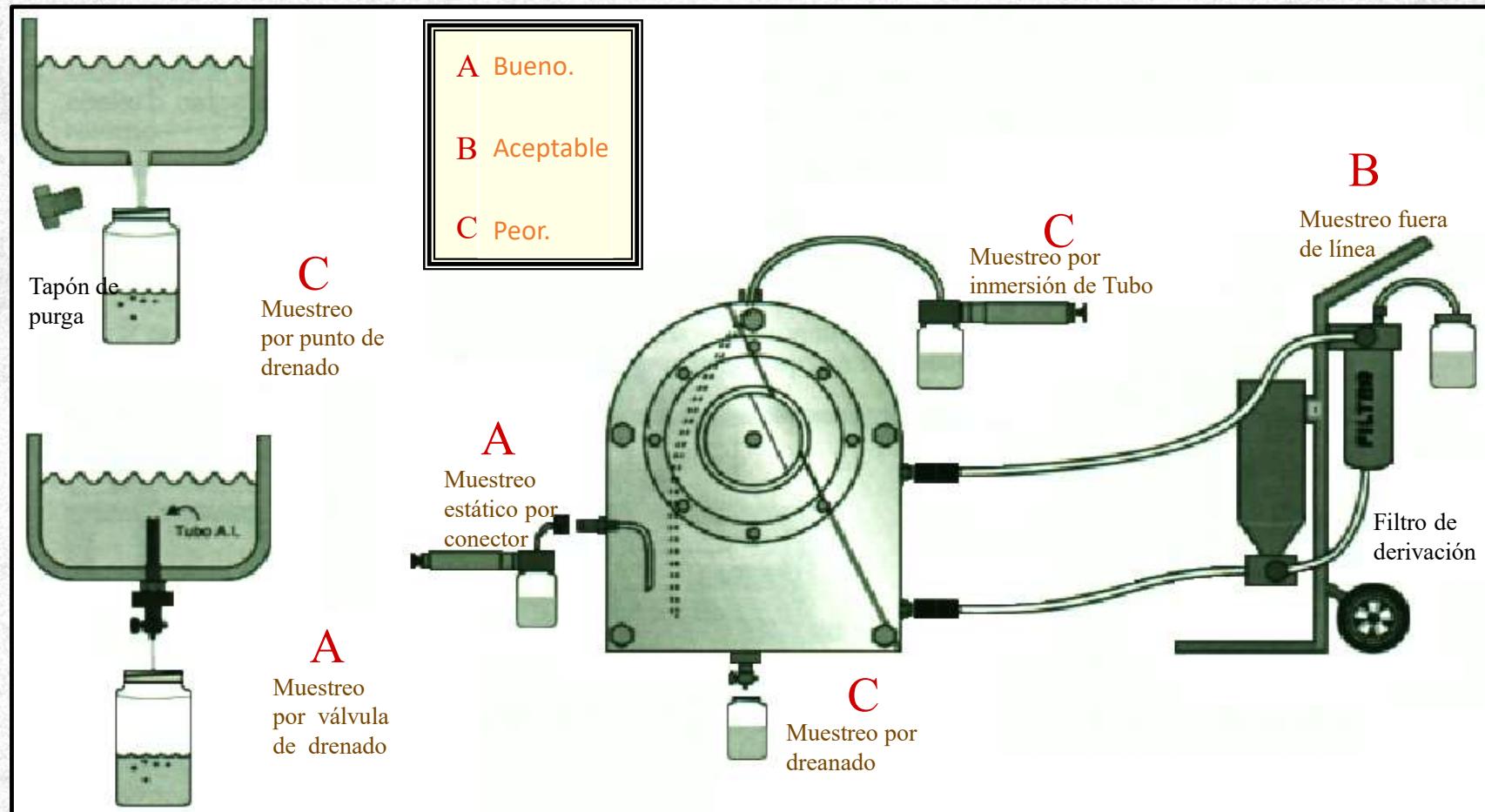
**La bomba lleva el aceite al frasco por succión**

# MUESTREO ESTATICO

Hacer	No hacer
<ul style="list-style-type: none"><li>• Muestrear al 50% del nivel de aceite o cerca de la línea de retorno.</li><li>• Muestrear a unas pulgadas a la entradas del tanque.</li><li>• Muestrear sistemas activos y calientes.</li><li>• Enviar el muestreo estático si hay opciones de muestreo en zona viva.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Muestrear al fondo o en la superficie del tanque.</li><li>• Muestrear en las paredes del tanque.</li><li>• Muestrear sistemas fríos o parados en los que los contaminantes están asentados.</li><li>• Seleccionar muestreo estático cuando hay mejores métodos disponibles.</li></ul>



## Opciones para el muestreo en máquinas lubricadas por baño/salpique



## Reglas para la toma de muestra de Aceites:

- 1. Realizar la toma de muestras en maquinas en operación:** Nunca debe tomarse las muestras en sistemas fríos, esta practica va mas allá de solo tomar una muestra, la ideología detrás del análisis de aceite es capturar una fotografía del sistema en el momento de muestreo. El momento apropiado para toma la muestra debe ser cuando el sistema esta bajo la mayor cantidad de esfuerzo, típicamente es cuando el sistema esta bajo carga de trabajo normal y condiciones normales de operación.
- 2. Realizar el muestreo antes de los filtros y después de los componentes de la maquina:** Los filtros están diseñados para capturar partículas de desgaste y contaminantes, por lo que muestrear después de esos sustractores de datos no añade valor. Sin embargo, tomar una muestra antes y después de un filtro para efectuar un simple conteo de partículas le permitirá ver que tan bien esta operando el filtro en ese momento. Obviamente, esperemos que el conteo de partículas antes del filtro se mayor que después del filtro. Si esto no es así, es momento de cambiar el filtro. Los cambios de filtros basados en condición pueden ser muy importantes para sistemas sensibles y filtros costosos.

**3. Realizar procedimientos escritos específicos para cada sistema:** No realizar cambios en los métodos o ubicaciones de muestreo. Todo lo que hacemos en análisis de aceite debe contar con un procedimiento detallado para dirigir la tarea. Cada punto de mantenimiento en la planta debe contar con un procedimiento específico y único detallando quien, como , donde, cuando y como. Los procedimientos de muestreo de aceite nos son diferentes . Necesitamos identificar puntos de muestreo , la cantidad de volumen de purga, la frecuencia de muestreo, el momento justo para la toma de muestra en un sistema cíclico , e indicar que herramientas y accesorios utilizar en punto específico de muestreo basándose en el tipo de lubricante, presión y cantidad de fluido requerido.

**4. Realizar un adecuado procedimiento de purga en las válvulas de muestreo y dispositivos de muestreo antes de tomar la muestra:** No hacer uso de equipos de muestreo sucios o reutilizar las mangueras y botellas de muestra. La contaminación cruzada siempre ha sido un problema en el muestreo de aceite. La realidad es que el purgado de un sistema es una importante tarea que a menudo es ignorada. No purgar apropiadamente el punto de muestreo producirá una muestra con un elevado nivel de ruido. Para purgar antes de muestrear se necesita conocer la cantidad de espacio muerto entre la válvula de muestreo y el sistema activo multiplicado por 10. Si existe una extensión de tubería de 12 “ de longitud entre la válvula de muestreo y el sistema activo y esta tubería contiene una onza de fluido, necesita purgar un mínimo de 10 onzas de aceite antes de tomar la muestra para el análisis. Al purgar el espacio muerto también purgar sus otros accesorios como el adaptador para la válvula de muestreo y la manguera de muestreo.

**5. Realizar la toma de muestras con la frecuencia correcta. No hacer el muestreo solo cuando el tiempo lo permita:** Muchos de los responsables de tomar las muestras raramente ven los resultados del análisis. Uno de los aspectos mas valiosos del análisis de aceite es identificar un cambio en la línea base de una muestra y comprender la tasa a la que ocurrió el cambio. Establecer una frecuencia de muestreo apropiada y seguirla al pie de la letra le permitirá hacer un análisis preciso y tomar buenas decisiones de mantenimiento.

**6. Realizar el envío de la muestra al laboratorio de análisis inmediatamente después del muestreo:** No hacer que la muestra espere mas de 24 horas para enviarla a analizar. Como se menciono antes, el muestreo de aceite es muy parecido a tomar una fotografía de sus sistema en un punto en el tiempo . La salud de un sistema lubricado puede cambiar dramáticamente en muy corto periodo de tiempo. Si se detecta de un problema en el sistema , mientras mas rápido se detecte, menos potencial catastrófico puede tener. Atacar tempranamente un problema no solo le permitirá contar con tiempo para planear una reparación , sino que la reparación será potencialmente menos grave.



**7. Realizar el etiquetado de la muestra:** La información que acompaña a la muestra es determinante para que el laboratorio pueda identificar el equipo y por consiguiente su contexto operacional. En la etiqueta de muestra debe incluirse la información de identificación del equipo, la fecha de la muestra para hacer referencia a la condición del equipo, las horas de operación del equipo y las horas del aceite, para identificar el contexto en la vida del equipo y la del lubricante, la persona que tomo la muestra y si es que ha habido cambio o adición de aceite, cambio de filtros o acciones de mantenimiento para ayudar al diagnóstico. Partimos de la base de que el contexto operacional ya ha sido proporcionado al laboratorio antes de enviar la primera muestra. Si esto se lleva a cabo de manera rutinaria, la información que acompaña la muestra servirá de complemento.



# “Las mejores prácticas del muestreo”



- Máquina operando “en aplicación”.
- Muestreo en zona viva “en marcha”.
- Antes de filtros, después de los componentes de la maquinaria.
- Válvulas y dispositivos lavados y botes limpios.
- Muestreo a una frecuencia apropiada.
- Registro de horas de aceite.
- Muestras enviadas al laboratorio inmediatamente.
- Muestreo en sistemas fríos.
- Muestreo en puertas de drenado.
- Muestreo con mangüeras.
- Cambiando los puntos y métodos de muestreo.
- Ruta de muestreo sucia.
- Muestrear después del cambio de aceite.
- Contaminación de dispositivos de muestra con otros aceites.
- Esperar días o semanas antes de mandar muestras al laboratorio.

# CORRELACION DE MODOS DE FALLA Y PRUEBAS DEL ANALISIS DE LUBRICANTE



Lo que busca*	Método primario	Método secundario (confirmación)
Contaminación con partículas	1	4,3
Detección de partículas de desgaste	2,4	1
Ánalisis de partículas de desgaste	3,4	1,2
Viscosidad anormal	10	-
Contaminación con humedad	6,9	10,4
Agotamiento de aditivos	4,9,11	7,10,8
Estabilidad oxidativa	7,8,9,11	10
Contaminación con refrigerante	4	10,9
Dilución por combustible	5,9	10,4
Hollín	9	10
Reserva alcalina	7,11	-

## Cómo lo encuentra el análisis de aceite (pruebas/instrumentos)\*

1. Conteo de partículas
2. Densidad ferrosa
3. Ferrografía analítica
4. Análisis de elementos
5. Punto de inflamación
6. Prueba de humedad
7. AN/BN/pH
8. RPVOT
9. FTIR (Infrarrojo)
10. Viscosidad
11. Voltametría

\*Con fines de simplicidad, estos listados se han resumido.

# METODOS DE PRUEBA DE LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO

## UNIDADES DE MEDICION

Enfoque	Prueba	Categoría
PROACTIVO	Viscosidad @ 100°C	SALUD
	Viscosidad @ 40°C	SALUD
	Índice de viscosidad	SALUD
	Número ácido (AN)	SALUD
	Número básico (BN)	SALUD
	Oxidación por FTIR	SALUD
	Nitración por FTIR	SALUD
	Sulfatación por FTIR	SALUD
	Determinación de aditivos por el método molecular - FTIR	SALUD
	Determinación de aditivos por el método atómico - Espectroscopía de emisión atómica (AES): Zn, P, Mg, Ca, Mo, B, Ti	SALUD
	Resistencia del lubricante a la oxidación (método RULER)	SALUD
	Resistencia a la oxidación (método RPVOT)	SALUD
	Determinación del potencial para generar barniz del lubricante	SALUD
	Determinación de concentración de agua en el lubricante	SALUD
	Determinación de concentración de combustible en el lubricante	CONTAMINACIÓN
	Determinación de concentración de glicol en el lubricante	CONTAMINACIÓN
	Determinación de concentración de hollín en el lubricante	CONTAMINACIÓN
PREDICTIVO	Conteo de partículas sólidas en el lubricante - Determinación del código de contaminación sólida	CONTAMINACIÓN
	Determinación de contaminantes por el método atómico - Espectroscopía de emisión atómica (AES): Si, Al, B, Na, K, V, Ba (otros metales del proceso o ambiente)	CONTAMINACIÓN
	Determinación de concentración de partículas ferromagnéticas por el método de Ferrografía de lectura directa (DR)	DESGASTE
	Concentración de partículas ferromagnéticas por el método de índice feroso	DESGASTE
	Concentración de partículas ferromagnéticas por el método de cuantificador de partículas ferrosas – Índice PQ	DESGASTE
	Determinación de la concentración de metales de desgaste por el método atómico - Espectroscopía de emisión atómica (AES): Fe, Cu, Pb, Sn, Al, Sb, Ni, Cd, Cr, Ag	DESGASTE
	Identificación de las características de las partículas por el método de ferrografía analítica	DESGASTE

## PRUEBAS TÍPICAS DE LABORATORIO

### Pruebas de rutina

- Conteo de partículas, ISO 4406:17, ASTM D7647
- Viscosidad cinemática @ 40 °C (104 °F), ASTM D445
- Número ácido, ASTM D664, etc.
- Análisis de elementos –
  - Metales de desgaste, ASTM D5185 or D6596
  - Contaminantes, K, Na, B, Si, ASTM D5185 o D6596
  - Aditivos, ASTM D5185 o D6596
- FTIR –
  - Ox/Nit/Sul, ASTM D7214, etc.
  - Fenoles
  - ZDDP, ASTM D7412
- Densidad ferrosa
- Agua por crepitación o FTIR

### Pruebas de excepción

- Ferrografía analítica (ASTM D7684)
- Prueba de membrana
- Agua por Karl Fischer (ASTM D6304)

#### Pruebas de rutina

Las pruebas se aplican para cada muestra

#### Pruebas de excepción

Las pruebas se ejecutan cuando una muestra de rutina tiene un resultado anormal

Hable con su laboratorio sobre la ejecución automática de pruebas de excepción con base en los resultados de las pruebas de rutina

# 14 PRUEBAS COMUNES POR TIPO DE MAQUINA

## Selección de pruebas de análisis de aceite por aplicación

Prueba o procedimiento	Acetos para máquinas papeleras	Acetos para rodamientos, de motores y bombas	Motores a diesel y gas	Fluidos hidráulicos	Compresores de aire y gas	Enfriadores y refrigeración	Transmisiones, mandos finales y diferenciales	Acetos para engranajes industriales	Acetos para turbinas de vapor	Acetos para turbinas de gas	Fluidos EHC***
1. Conteo de partículas	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
2. Viscosidad	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R	R
a. 40°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
b. 100°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. AN	R	E(5a)	-	R	R	R	R	R	R	R	R
4. BN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. FTIR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a. Ox/Nit/Sul.	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
b. Fenoles	-	R	-	R	R	-	-	R	R	-	-
c. ZDOP	-	R	-	R	R	-	R	R	-	-	-
d. Dilución comb/Hollin	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Punto de inflamación	-	-	R	-	R*	-	-	-	-	E(2b,5d)	-
7. Refrigerante (glicol)	-	-	E(14b)	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Densidad ferrosa	E(1)	E(1)	R	R	R	R	R	R	E(1)	E(1)	R
9. Ferrografía analítica	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)	E(8,14a)
10. RPVOT	-	-	-	-	R	-	-	-	R	R	-
11. Crepitación	R	R	R	R	R**	R	R	R	R	-	R
12. Agua por KF	E(11)	E(11)	E(11)	E(11)	E(11)***	E(11)	E(11)	E(11)	E(11)	E(11)	E(11)
13. Demulsibilidad	R	-	-	-	R**	-	-	-	R	-	-
14. Análisis de elementos											
a. Metales de desgaste	R,E(1)	R,E(1)	R	R,E(1)	R,E(1)	R,E(1)	R	R,E(1)	R,E(1)	R,E(1)	R,E(1)
b. K, Na, S, Si	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
c. Aditivos	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

\* Únicamente compresores de gas    \*\* Únicamente compresores de aire    \*\*\* Para fluidos base éster fosfatado, consulte a su proveedor de fluidos y/o fabricante de turbinas.

R = Prueba de rutina, E = Prueba por excepción ligada a resultado positivo de la prueba entre paréntesis

## PRUEBAS DE RUTINA Y EXCEPCION

Procedimiento de prueba	Motores a diésel	Tren de potencia	Hidráulicos (Móviles e industriales)	Máquinas papeleras	Cajas de engranajes industriales
1. Análisis de elementos i) Metales de desgaste (Fe, Cu, Pb, Sn, etc.) ii) Contaminantes (Si, Na, K) iii) Aditivos (Zn, P, Ca, Ba, Mg, B, etc.)	R R R	R R R	R R R	R R R	R R R
2. Viscosidad cinemática i) 40 °C ii) 100 °C	E (1) R	R E (1)	R E (1)	R E (1)	R E (1)
3. Agua i) Prueba de crepitación ii) Humedad por Karl Fischer iii) Demulsibilidad (ASTM D1401)	R - -	R E (3i) -	R E (3i) -	- R R	R E (3i) -
4. Conteo de partículas ISO	E (2)	R	R	R	R
5. Punto de inflamación	E (2)	-	-	-	-
6. Hollín por FTIR	R	-	-	-	-

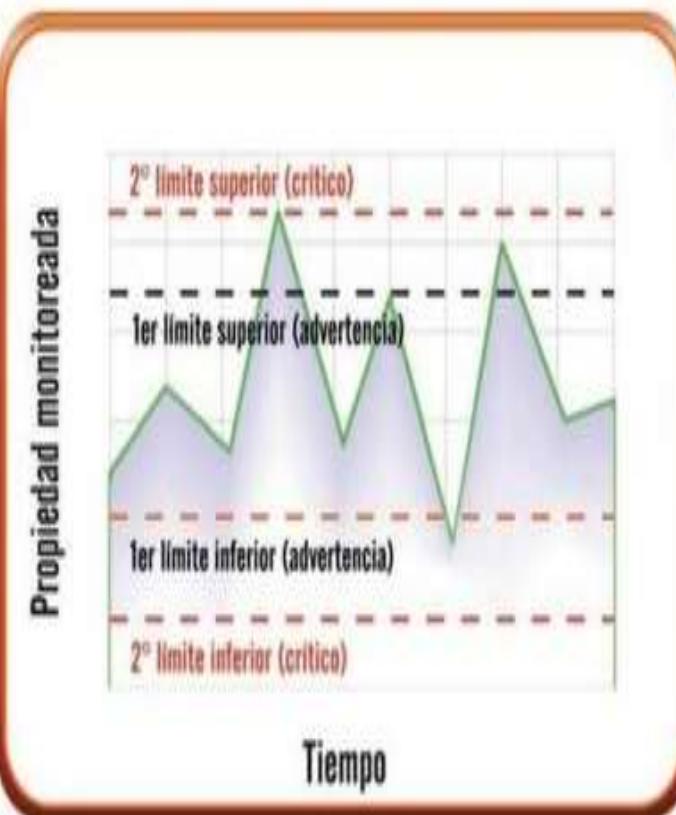
**Seleccione las pruebas de rutina o excepción por:**

- Tipo de componente
- Fallas y problemas históricos (análisis AMEF)
- Objetivos de confiabilidad

# EL ÉXITO DEPENDE DEL ESTABLECIMIENTO ADECUADO DE LOS LIMITES

Los límites deben funcionar como **DETONADORES** de acciones por alguna condición anormal

Razona los límites y establece las acciones en función de la **severidad de los efectos** de esta condición anormal





INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

