



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

Análisis de Aceites

Integrantes: Andrés Cares – Javiera González – Bastián Varas – Abraham Mosqueira

Docente: Raymi Vásquez



INTRODUCCIÓN

El análisis de aceite es una herramienta fundamental para evaluar la salud y el rendimiento de la maquinaria. Permite detectar signos tempranos de desgaste, contaminación y degradación del lubricante mediante la medición de propiedades físicas y químicas, como viscosidad, acidez, nivel de agua, partículas en suspensión, entre otras. Gracias a esta evaluación, es posible establecer programas de lubricación basados en la condición del aceite, en lugar de seguir intervalos fijos, lo que optimiza el mantenimiento y previene fallas antes de que ocurran. Además, ayuda a prolongar la vida útil del equipo y reducir costos operativos.

Existen varios tipos de análisis que se realizan para evaluar la condición del aceite y la maquinaria, entre los cuales se destacan:

1. **Análisis espectrométrico:** Proporciona información cuantitativa sobre los elementos presentes en el aceite, clasificándolos en metales de desgaste, contaminantes y aditivos mediante la emisión de luz en plasma.
2. **Análisis químico y físico:**
 - **Viscosidad cinemática:** Indica la capacidad lubricante y ayuda a detectar oxidación o contaminación.
 - **Nivel de agua:** Se mide con el test de Karl Fisher para detectar contaminación acuosa.
 - **Alcalinidad (TBN):** Mide la reserva alcalina y refleja la acumulación de ácidos y contaminación.
 - **Aspecto, color, olor:** Observaciones físicas que pueden indicar oxidación, presencia de agua o impurezas.
 - **Índice de acidez (TAN):** Mide el nivel de acidez que aumenta con el tiempo y contaminación.
3. **Análisis de contaminación y desgaste:**
 - Evaluación de partículas, agua, combustible, aire, calor y sus efectos sobre las superficies metálicas, ayudando a identificar la fuente y el grado de contaminación y desgaste.

Estos análisis combinados permiten obtener un diagnóstico completo del estado del aceite y la maquinaria, facilitando decisiones de mantenimiento preventivo y predictivo.



MARCO TEÓRICO

ACEITE: Un aceite es una sustancia grasa de origen diverso (vegetal, animal o mineral) que es líquida a temperatura ambiente, es insoluble o muy poco miscible en agua, y menos densa que esta. Químicamente, los aceites se componen principalmente de lípidos, específicamente triglicéridos (ésteres de glicerol con tres ácidos grasos), o de hidrocarburos complejos en el caso de los aceites minerales.

El aceite es un elemento crucial en la industria mecánica, fundamental para la eficiencia, durabilidad y seguridad de los equipos. Su importancia radica en múltiples funciones que se muestran a continuación:

- **Lubricación:** Es su función principal. Forma una película entre las superficies móviles, reduciendo drásticamente la fricción y el desgaste. Sin esta lubricación, las piezas metálicas se rozarían directamente, generando calor excesivo, deformación y, finalmente, la falla del equipo.
- **Refrigeración:** Al circular por el sistema, el aceite absorbe el calor generado por la fricción y lo disipa, ayudando a mantener una temperatura de operación óptima y previniendo el sobrecalentamiento de los componentes.
- **Limpieza:** El aceite ayuda a arrastrar y suspender partículas contaminantes (como virutas metálicas, polvo y residuos de combustión) lejos de las superficies críticas, transportándolas hacia filtros donde pueden ser removidas.
- **Protección contra la Corrosión y Oxidación:** Contiene aditivos que forman una barrera protectora sobre las superficies metálicas, previniendo la formación de óxido y la corrosión causada por la exposición al aire, la humedad y otros agentes químicos.
- **Sellado:** En algunos sistemas, como los motores de combustión interna, el aceite ayuda a sellar la holgura entre los anillos del pistón y las paredes del cilindro, mejorando la compresión y la eficiencia.
- **Transmisión de Fuerza:** En sistemas hidráulicos, el aceite (fluido hidráulico) es el medio a través del cual se transmite la fuerza, permitiendo el movimiento de actuadores y cilindros.
- **Amortiguación de Ruidos y Vibraciones:** La película de aceite ayuda a amortiguar los impactos y vibraciones entre los componentes, contribuyendo a un funcionamiento más suave y silencioso de la maquinaria.



USOS:

- **Motores de Combustión Interna:** Se utilizan aceites de motor con viscosidades y aditivos específicos para soportar altas temperaturas, presiones y contaminantes de la combustión.
- **Transmisiones y Cajas de Engranajes:** Requieren aceites con alta capacidad de carga y resistencia al cizallamiento para proteger los engranajes bajo condiciones de presión extrema.
- **Sistemas Hidráulicos:** Utilizan fluidos hidráulicos diseñados para transmitir potencia eficientemente, con propiedades anti desgaste y anticorrosiva.
- **Compresores:** Dependiendo del tipo de compresor (alternativo, rotativo), se emplean aceites que resisten la oxidación y la formación de depósitos, y que tienen la viscosidad adecuada para sellar y lubricar.
- **Turbinas:** Necesitan aceites con excelente estabilidad térmica y oxidativa, así como propiedades de liberación de aire y resistencia a la formación de espuma.
- **Bombas:** La elección del aceite depende del tipo de bomba y del fluido que maneja, enfocándose en la lubricación de rodamientos y sellos.
- **Rodamientos y Cojinetes:** Se utilizan aceites o grasas lubricantes específicos que soportan cargas y velocidades, minimizando la fricción y el calor.
- **Maquinaria Industrial General:** Desde cintas transportadoras hasta robots industriales, casi toda la maquinaria con partes móviles requiere algún tipo de lubricación con aceite o grasa.



PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL ACEITE:

- **Partículas sólidas:** Provenientes del desgaste mecánico, generan abrasión y fatiga en las superficies metálicas.
- **Agua:** Puede estar disuelta, emulsionada o en fase libre. Promueve la oxidación, aumenta la conductividad eléctrica y causa daños en los aditivos.
- **Combustible:** La presencia de combustible en el aceite reduce la resistencia de la película lubricante, incrementando el desgaste.
- **Aire:** La entrada de aire puede generar cavitación y crear burbujas o espuma, afectando la protección del lubricante.
- **Contaminantes químicos (ácidos, productos de oxidación):** Aumentan la acidez del aceite, deteriorando sus propiedades y potencialmente causando corrosión.

1) Contaminación por agua:

La contaminación por agua en el aceite lubricante es altamente perjudicial, ya que promueve la oxidación, aumenta la conductividad eléctrica del aceite y perjudica los aditivos. El agua puede existir en diferentes estados: disuelta (invisible), emulsionada (neblinosa) y libre (fase de separación). La presencia de agua en el aceite afecta la viscosidad y puede disminuir la vida útil del lubricante y, en consecuencia, la eficiencia y durabilidad de la maquinaria. Los niveles máximos aceptables de agua varían según el tipo de aceite: entre 200 y 300 ppm para hidráulicos y 500 a 600 ppm para lubricantes, dependiendo de la saturación del aceite.

2) Contaminación por partículas sólidas:

La contaminación por partículas sólidas es uno de los principales tipos de contaminantes en los aceites lubricantes. Estas partículas provienen principalmente del desgaste de componentes metálicos, abrasión, y pueden incluir contaminantes ambientales y de procesos. Las partículas sólidas pueden variar en tamaño y cantidad, y se evalúan en cinco categorías según su tamaño, reportándose por cada mililitro de fluido.



Dentro de los principales elementos que se buscan en los análisis de aceites tendremos los siguientes:

- Hierro, estaño, Cobre y Plomo: significa que hay desgaste del componente.
- Boro y sodio: Acusa contaminación de refrigerante.
- Silicio: Expone se tiene contaminación por tierra o desgaste del componente.

Conteo de partículas contaminantes y códigos de limpiezas de aceites:

El conteo de partículas o código **ISO 4406** es un sistema universal para representar la concentración de partículas de acuerdo a su tamaño y puede ser utilizado para definir el nivel de limpieza de un aceite usado.

CODIGO ISO 4406:

Los resultados se entregan de la siguiente manera:

A: Partículas mayores o iguales a 4 μm

B: Partículas mayores o iguales a 6 μm

C: Partículas mayores o iguales a 14 μm





Análisis

Fierro:

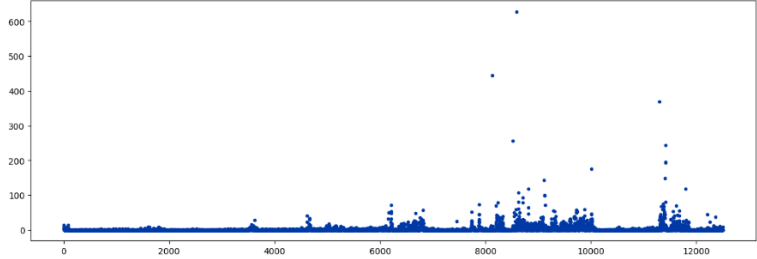
La presencia de este metal en un aceite usado se debe generalmente al desgaste excesivo de anillos, cilindros, sistemas de válvulas, ejes, desgaste de engranajes, guías de válvulas.

En base a los datos obtenidos se puede visualizar que aproximadamente un 67% presenta partículas solidas de este elemento.

Estadística descriptiva

Vista gráfica

	descripción
contar	12504.000000
significar	2.079031
ETS	10.786512
min	0.100000
25%	0.100000
50%	0.100000
75%	0.800000
máximo	628.000000



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0.1	8338	0.666827
0.2	177	0.014155
0.8	156	0.012476
0.6	156	0.012476
0.4	151	0.012076
...
144.0	1	0.000080
99.1	1	0.000080
101.0	1	0.000080
28.2	1	0.000080
22.9	1	0.000080

Datos de Fierro en los análisis de Aceites



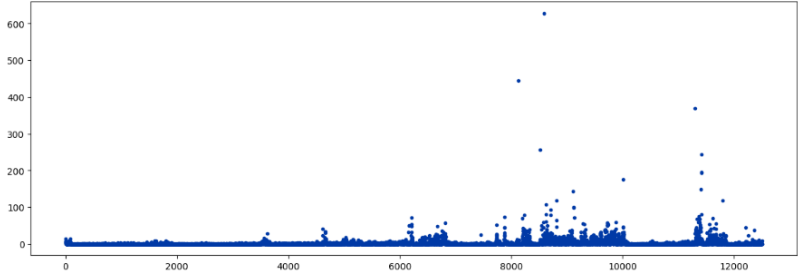
Plomo:

La presencia de este metal se asocia a desgastes de descansos de cigüeñal y biela, sellos, soldaduras, pinturas.

Estadística descriptiva

	descripción
contar	12504.000000
significar	2.079031
ETS	10.786512
min	0.100000
25%	0.100000
50%	0.100000
75%	0.800000
máximo	628.000000

Vista gráfica



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0.1	8338	0.666827
0.2	177	0.014155
0.8	156	0.012476
0.6	156	0.012476
0.4	151	0.012076
...
144.0	1	0.000080
99.1	1	0.000080
101.0	1	0.000080
28.2	1	0.000080
22.9	1	0.000080

Datos de Plomo en los análisis de Aceites



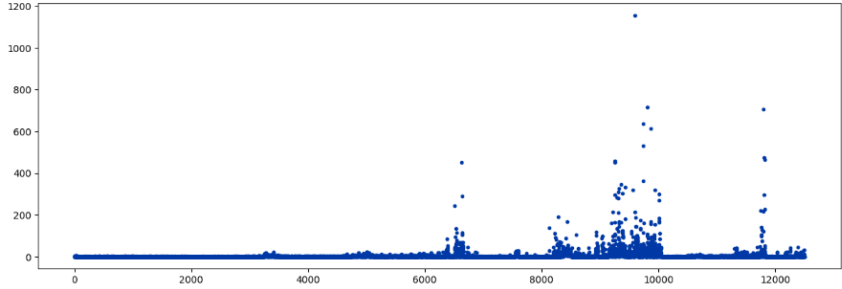
Estaño:

La presencia de este metal se asocia a desgastes de descansos de ejes de levas, descansos del cigüeñal, bujes.

Estadística descriptiva

	descripción
contar	12504.000000
significar	4.579087
ETS	25.490568
min	0.100000
25%	0.100000
50%	0.100000
75%	1.500000
máximo	1155.000000

Vista gráfica



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0.1	7444	0.595329
0.2	202	0.016155
0.5	179	0.014315
0.3	173	0.013836
0.7	169	0.013516
...
81.7	1	0.000080
71.5	1	0.000080
26.1	1	0.000080
45.2	1	0.000080
46.0	1	0.000080

Datos de Estaño en los análisis de Aceites



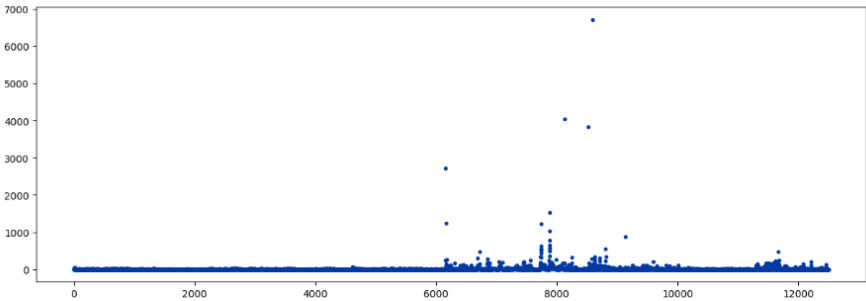
Cobre:

La presencia de este metal en un aceite usado, se debe generalmente desgastes de aleaciones de bronce o latón, Tubos de enfriadores de aceite, descansos, bujes, discos de fricción.

Estadística descriptiva

Vista gráfica

	descripción
contar	12504.000000
significar	9.710357
ETS	89.327323
min	0.100000
25%	0.400000
50%	1.700000
75%	5.500000
máximo	6709.000000



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0.1	1963	0.156990
0.2	458	0.036628
0.3	416	0.033269
0.4	410	0.032790
0.5	403	0.032230
...
652.0	1	0.000080
358.0	1	0.000080
1024.0	1	0.000080
570.0	1	0.000080
89.9	1	0.000080

Datos de Cobre en los análisis de Aceites



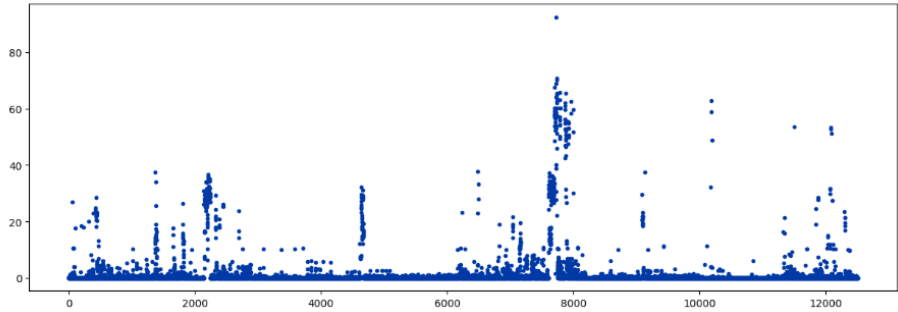
Boro:

La presencia de este contaminante en aceite usado está vinculada a fuga de líquido refrigerante y aditivo del lubricante.

Estadística descriptiva

	descripción
contar	12504.000000
significar	1.476104
ETS	6.352718
min	0.100000
25%	0.100000
50%	0.100000
75%	0.200000
máximo	92.400000

Vista gráfica



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0.1	9097	0.727527
0.2	484	0.038708
0.3	386	0.030870
0.4	297	0.023752
0.5	229	0.018314
...
25.5	1	0.000080
14.1	1	0.000080
19.2	1	0.000080
12.8	1	0.000080
36.2	1	0.000080

Datos de Boro en los análisis de Aceites



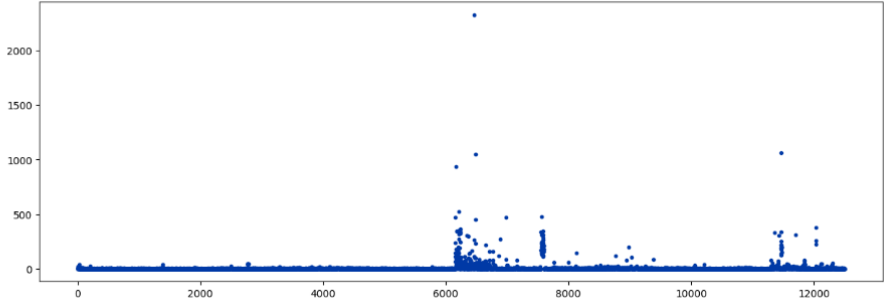
Sodio:

La presencia de este contaminante en aceite usado está vinculado a fugas de refrigerantes, contaminación con grasa, contaminación ambiental.

Estadística descriptiva

Vista gráfica

	descripción
contar	12504.000000
significar	4.388028
ETS	34.772938
min	0.100000
25%	0.100000
50%	0.500000
75%	1.500000
máximo	2328.000000



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0.1	4584	0.366603
0.4	556	0.044466
0.2	532	0.042546
0.3	530	0.042386
0.5	461	0.036868
...
90.3	1	0.000080
84.3	1	0.000080
79.0	1	0.000080
295.0	1	0.000080
53.7	1	0.000080

Datos de Sodio en los análisis de Aceites



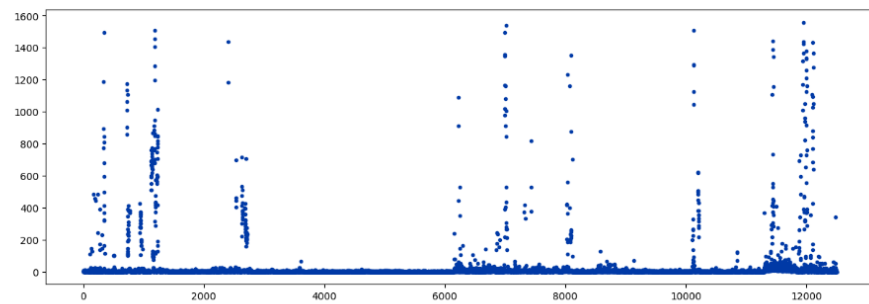
Silicio:

La presencia de este contaminante en aceite usado está vinculado al polvo o tierra aspirado por un equipo, el cual produce un gran desgaste.

Estadística descriptiva

	descripción
contar	12504.000000
significar	20.666603
ETS	113.588563
min	0.100000
25%	0.100000
50%	1.200000
75%	4.925000
máximo	1558.000000

Vista gráfica



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0.1	4864	0.388996
0.2	149	0.011916
1.1	144	0.011516
1.2	142	0.011356
1.5	139	0.011116
...
22.7	1	0.000080
80.5	1	0.000080
241.0	1	0.000080
80.7	1	0.000080
54.3	1	0.000080

Datos de Silicio en los análisis de Aceites



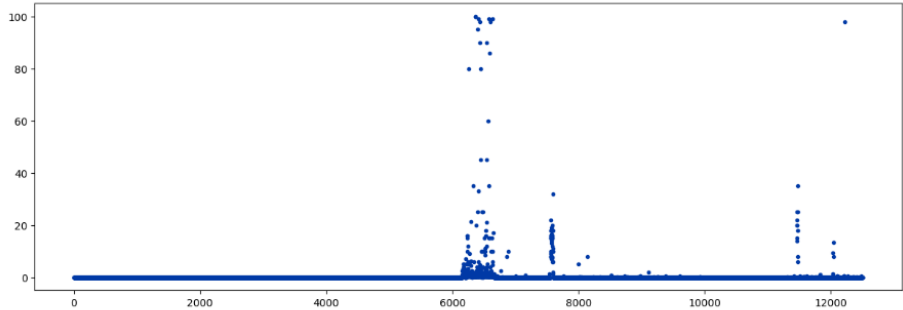
Contenido de Agua:

El agua promueve la oxidación, aumenta la conductividad del aceite y tiene efectos dañinos en los aditivos del aceite.

Estadística descriptiva

Vista gráfica

	descripción
contar	12504.000000
significar	0.259109
ETS	3.520825
min	0.000000
25%	0.000000
50%	0.000000
75%	0.000000
máximo	100.000000



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0.0	11877	0.949856
0.2	144	0.011516
0.4	63	0.005038
0.6	62	0.004958
0.8	45	0.003599
...
4.4	1	0.000080
1.1	1	0.000080
5.2	1	0.000080
2.8	1	0.000080
13.4	1	0.000080

Datos de Contenido de Agua en los análisis de Aceites



Estado de Salud:

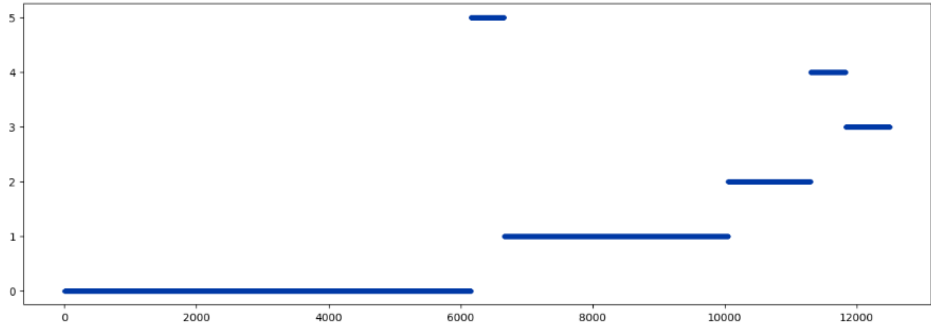
Los estados a analizar son 6: Normal, Desgaste de componentes, Norma ISO 4406 (Silicio), Contaminación por combustible, Silicio y desgaste, Contaminación por agua.

Posterior al análisis realizado se observa que cerca del 50% de los análisis se encontraban en estado normal. El 50% de los análisis restantes se dividen en los demás estados previamente mencionados, siendo las cifras preocupantes las de los desgastes de componentes con un 27% y la Norma ISO 4406 (Silicio) con un 10%.

Estadística descriptiva

	descripción
contar	12504.000000
significar	1.003759
ETS	1.354557
min	0.000000
25%	0.000000
50%	1.000000
75%	1.000000
máximo	5.000000

Vista gráfica



Valores únicos

	Recuentos de valores	Recuentos de valores normalizados
0	6156	0.492322
1	3391	0.271193
2	1251	0.100048
3	671	0.053663
4	530	0.042386
5	505	0.040387

Datos de Estado de Salud en los análisis de Aceites

Conclusiones

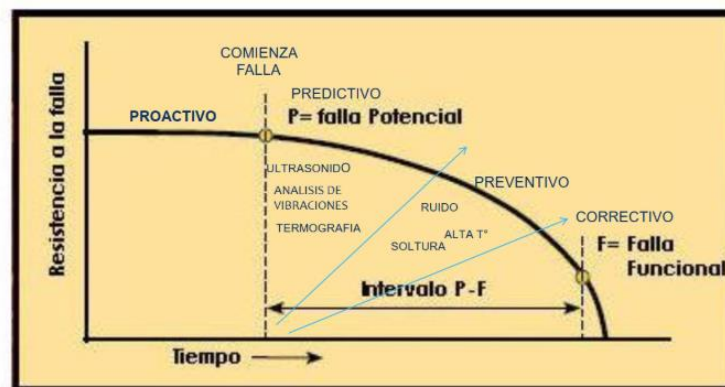
El mantenimiento predictivo, como su nombre lo indica, permite predecir un fallo en una maquinaria y con esto tomar las acciones preventivas o correctivas antes que se produzca una falla catastrófica. Este tipo de mantenimiento ha experimentado una evolución importante gracias al desarrollo o avance tecnológico que ha ido incrementando en los equipos de monitoreo y control.

Este tipo de mantenimiento utiliza variadas técnicas de monitoreo, según John Moubray en su libro RCM II, algunas de ellas son: Análisis de vibraciones, Análisis ultrasónico, Análisis de partículas de desgastes, Análisis de aceites por espectroscopía, Análisis termográfico infrarrojo, Análisis físicos por tintas penetrantes, etc.

CURVA P-F

No todos los modos de fallo están relacionados con el avance del tiempo, muchas fallas entregan algún tipo de advertencia antes de un tiempo determinado de uso de la maquinaria. Al encontrar evidencias suficientes para asegurar que algo está en una franca etapa de falla, se toman las medidas adecuadas para evitar daños mayores.

CURVA P-F



Tips o Elementos claves a considerar en la implementación del mantenimiento predictivo:

- 1.- Se deben realizar monitoreos con frecuencias periódicas.
- 2.- Se deben fijar niveles de alarmas o niveles límites de control.
- 3.- Es necesario que las técnicas de monitoreo a implementar sean acordes al fallo que se requiere detectar.
- 4.- Es necesario almacenar los datos de mediciones obtenidos y llevar un historial de estos datos para tomar decisiones futuras.
- 5.- Es necesario contar con especialistas con certificación.
- 6.- Realizar constantes actualizaciones de sistemas como de conocimientos.