

# TRABAJO PRACTICO DE INVESTIGACION

## EQUIPOS II

Prof. Ing. Marcelo Ibáñez

Noviembre 2011

Alumno: Catalán Juan José

Curso: 3<sup>o</sup>1<sup>a</sup>

## Objetivo

El presente trabajo tiene como objetivo aprender e informar acerca de las fallas que afectan a un equipo vial, a fin de que el equipo no disminuya su productividad por falta de potencia en los mandos hidráulicos o por entradas a taller evitables.

Los sistemas hidráulicos desempeñan un papel muy importante en el funcionamiento eficiente de una máquina. Como los sistemas hidráulicos actuales son más sofisticados que nunca, para que proporcionen la máxima productividad, al menor coste posible, es necesario conocer cómo la contaminación afecta al sistema hidráulico, cómo detectar los elementos que pueden afectar a su rendimiento.

## Memoria de Desarrollo

El trabajo está basado totalmente en información reunida de internet. Para un acercamiento general, se tomó en cuenta información de fuentes informales, tales como foros, donde gente con experiencia con máquinas de construcción, operarios y propietarios, vierten sus opiniones y que cuentan con información empírica, de sus experiencias personales con máquinas.

Para tener un conocimiento más objetivo, con fundamentos técnicos y científico, se utilizó información de portales de internet de empresas del ámbito de la construcción y relacionado con la misma. Otra fuente de información son los videos institucionales o promocionales de empresas y organismos gubernamentales.

## COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRAULICO

Los elementos que son necesarios para que un sistema hidráulico funcione son los siguientes:

- Bombas
- Actuadores. Los actuadores son lineales y rotativos.

Dentro de los actuadores lineales se encuentran los cilindros hidráulicos.

Los actuadores rotativos son los motores hidráulicos.

- Tanque de almacenamiento de aceite,
- Líneas de conexión,
- Filtros hidráulicos,
- Válvulas,
- Fluido hidráulico (aceite).

## Bombas

Todo sistema hidráulico incluye una bomba. Su función consiste en transformar la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando el fluido hidráulico en el sistema.

El fabricante determina la presión nominal y está basada en una duración razonable en condiciones de funcionamiento determinadas. Es importante anotar que no hay un factor de seguridad normalizado correspondiente a esta estimación. Trabajando a presiones mayores se puede reducir la duración de la bomba, causar daños serios y ocasionar fallas.

Desplazamiento. Es el volumen de líquido transferido en una revolución, es igual al volumen de una cámara multiplicada por el número de cámaras que pasan por el orificio de salida durante una revolución de la bomba.

El desplazamiento se expresa en centímetros cúbicos por revolución. La mayoría de las bombas tienen un desplazamiento fijo que sólo puede modificarse sustituyendo ciertos componentes. En algunas bombas es posible variar las dimensiones de la cámara de bombeo por medio de controles externos, variando así su desplazamiento.

Un requerimiento esencial para el óptimo desempeño y servicio de por vida de una bomba hidráulica es que su cámara de bombeo se llene fácil y completamente durante la succión. De ahí que, si su objetivo es conseguir la máxima vida útil de la bomba (y así debería ser), debe evitar entonces cualquier situación que impida o dificulte que la cámara de bombeo se cargue libre y completamente.

En ciertas bombas de paletas no equilibradas hidráulicamente y en muchas bombas de pistones puede variarse el desplazamiento desde cero hasta un valor máximo teniendo algunas la posibilidad de invertir la dirección del caudal cuando el control pasa por la posición central o neutra.

**Caudal.** Una bomba viene caracterizada por su caudal nominal en galones por minuto; en realidad puede bombear más galones por minuto en ausencia de carga y menos a su presión de funcionamiento nominal. Tres tipos de bombas son los más comúnmente usados; de engranajes, de aspas o paletas y de pistón.

### **Ruidos anormales de la bomba**

**Válvula engomada.** Comprobar el estado del aceite, instalar un filtro en el circuito e inspeccionar el ya existente. Analizar el aceite para controlar su estado de oxidación.

**Desgaste de piezas.** Comprobar el estado de las válvulas, pistones o engranajes. Cambiar las piezas desgastadas.

**Cavitación.** Comprobar la aspiración de la bomba. La sección de aspiración debe ser poco más o menos el doble que la de escape. Comprobar los tubos de aspiración. Si es necesario utilizar un aceite de viscosidad más baja o con un punto de congelación más bajo.

“Las ventajas ofrecidas por la filtración en la succión de la bomba son superadas por mucho por las desventajas asociadas con la caída de presión creada por el cedazo o tamiz... Cualquier beneficio ofrecido por la filtración en la succión, manteniendo los contaminantes lejos del alcance de la bomba, se ve superado por el posible daño que puede sufrir la bomba por cavitación...

“Otra de las mayores desventajas de los cedazos o tamices en la succión de la bomba es que estos están colocados dentro del tanque de aceite, lo cual los hace muy difíciles de mantener. Es por esta razón que muchos cedazos o tamices colocados en sistemas hidráulicos no son mantenidos adecuadamente sino hasta que la bomba comienza a fallar por cavitación debido a la falta de aceite... Debido a todas estas desventajas... no se recomienda específicamente filtrar en la succión de la bomba”

Manual de hidráulica Rexroth, 1979

**Formación de pequeñas burbujas de aire o de vapor en el aceite por causa de una reducción de presión.**

- Es más probable que ocurra en la succión de la bomba.
- La posibilidad de cavitación se incrementa cuando el fluido contiene aire atrapado.

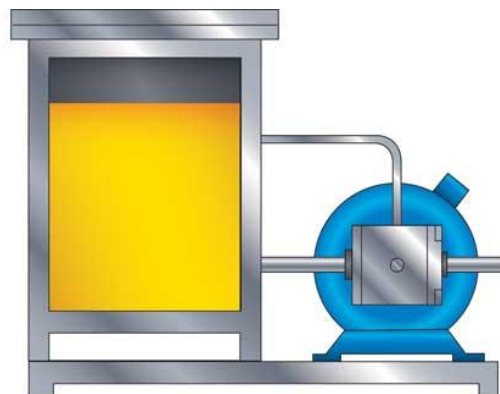
*ejemplos de averías causadas por cavitación*



*Corrosión de Cavitation en el plato del puerto de una bomba del pistón axial*

- Puede conducir al rompimiento de la película lubricante.
- Puede ocasionar daños en la bomba.

**Entradas de aire.** Controlar las juntas de aspiración; para ello poner aceite en el exterior de las juntas y observar los puntos donde esta aplicación de aceite hace disminuir o desaparecer el ruido.





Las condiciones en la succión de la bomba también afectan el ruido y el calor generado. Un aceite hidráulico mineral contiene entre un 6 y un 12% en volumen de aire disuelto, cuando se encuentra a presión atmosférica y a temperatura ambiente. Si la presión del aceite se reduce por debajo de la atmosférica -debido a restricciones en la succión de la bomba o porque el aceite debe ser levantado- ese aire se expande, ocupando un porcentaje mayor en volumen.

Estas burbujas de gas expandido en la succión de la bomba colapsan en la medida en que la cámara de la bomba está expuesta a la presión del sistema (cavitación gaseosa). El resultado, generación de calor y ruido. Mientras más grandes sean las burbujas, mayores serán los niveles de ruido y calor generados. Si la presión absoluta en la succión de la bomba continúa disminuyendo (mayor vacío), el aceite comienza a cambiar de forma, pasando de líquido a gas – lo que se conoce como cavitación vaporosa.

Por estas razones, la condición perfecta para la succión de la bomba es 100 por ciento sobrecargada. Esto significa, idealmente, que usted quiere que la bomba esté sobrecargada bajo cualquier condición de operación.

Si bien sobrecargar la succión de la bomba no es práctico en la mayoría de las aplicaciones, virtualmente no hay ninguna excusa para no tener una succión inundada. Una succión inundada significa que hay una cabeza de aceite por encima de la bomba. En otras palabras, la bomba está montada de tal manera que su succión está por debajo del nivel mínimo de aceite



Sobrecarga. El alojamiento de esta bomba de engranajes después de haberse roto y haber sido alesado o raspado con repetidos surcos y excesiva presión.



## **Calentamiento del aceite.**

**Presión de escape demasiado elevada.** Regular el by-pass, para que funcione a más baja presión.

**Aceite demasiado viscoso.** Utilizar un aceite más fluido.

**Mal rendimiento de la bomba.** Utilizar un aceite más viscoso o de índice de viscosidad más elevado. Comprobar la estanqueidad de las juntas y la de las válvulas.

**Frotamientos anormales de la bomba.** Comprobar el montaje o reajustar el mismo.

**Termostato.** Si el aparato está provisto de termostato destinado a refrigerar el aceite comprobar que no está averiado o parcialmente bloqueado.

**Cantidad de aceite insuficiente.** Aumentar la cantidad de aceite en el circuito o en todo caso utilizar un depósito mayor a fin de someter el aceite a un trabajo menos continuado.

**Falta de potencia o pérdida de ella.**

**Averías en el by-pass.** Comprobar éste por si tiene algún resorte roto o en mal estado o la válvula estropeada.

**Velocidad insuficiente de la bomba.** Comprobar el motor y la transmisión.

**Mal rendimiento de la bomba.** Comprobar el estado de la misma y sus componentes. Reemplazar aquellos que no se encuentren en buen estado.

**Funcionamiento defectuoso de la bomba.** Buscar la presencia de cuerpos extraños o depósitos que obstruyan los orificios y las válvulas.

**Aceite demasiado viscoso.** Utilizar un aceite más fluido.

## Cilindros hidráulicos

Los cilindros son los componentes de trabajo de los circuitos hidráulicos, que se utilizan con mayor frecuencia en las máquinas o mecanismos. Mediante el caudal de aceite y la presión que proporcionan las bombas, desarrollan el trabajo a través de un movimiento rectilíneo de avance y retroceso que tiene lugar de forma repentina en las diferentes fases de un ciclo.

### Inspección de puntos importantes

- Verificar fugas internas, los cuales se pueden verificar por reducción en las velocidades de desplazamiento o por pérdidas de potencia.
- Verificar fugas externas, los cuales se pueden detectar por pérdidas de fluido en diferentes partes del cilindro, los cuales ocasionan pérdidas de velocidad, potencia y consumo de aceite.
- Verificación visual del estado del vástago (rayas, poros, golpes, corrosión o flexión)
- Verificar fisuras en el diámetro exterior de la camisa, soldaduras y tapas frontal y posterior.
- Verificar ruidos (rechinar o tabletear) que se puedan presentar y estos pueden ser generados por desgaste en guías, movimientos forzados por desgaste en anclajes o desalineamientos en estructuras, por rotulas o bujes oxidadas en pivotes; por falta de lubricación o por estar reventadas y por fluidos inadecuados.
- Cuando se decide bajar el cilindro de la máquina, este se debe desensamblar inspeccionar y reparar en un lugar adecuado donde se disponga de las herramientas y equipos adecuados (metrología, maquinados, rectificados, procesos de soldadura e información técnica), limpieza y aparatos de ensayos y pruebas, para garantizar en forma total su reparación.

### Reparaciones

- Rectificado o reparaciones de las camisas internamente, manteniéndose dentro del rango de tolerancia de acuerdo a los ajustes dados por los fabricantes. Otras alternativas si el desgaste se sale del estándar son cromar internamente para recuperar medida y al mismo tiempo darle una vida útil mayor que la original y otra alternativa es la fabricación, debido a desgastes demasiado grandes, que se pasen de 0.5 mm en diámetro.
- Cromado y rectificado de los vástagos, manteniéndose dentro del rango de tolerancia de acuerdo a los ajustes dados por los fabricantes. Otras alternativas son la fabricación de acuerdo a las fallas presentadas.
- De acuerdo a los desgastes generados, del pistón y de las tapas se podrían recuperar o dependiendo de su estado se podrían fabricar.
- Los pivotes u horquillas dependiendo de los desgastes generados se pueden reconstruir o dependiendo de su estado se podrían fabricar.

Los sellos se deben cambiar y en lo posible utilizar kits originales, pero si estos no se consiguen existen diferentes alternativas como son: Sellos de marcas reconocidas que se pueden ajustar a los alojamientos originales o también se pueden fabricar con proveedores locales.



### Cilindro de Dirección equipo Vial con pérdida

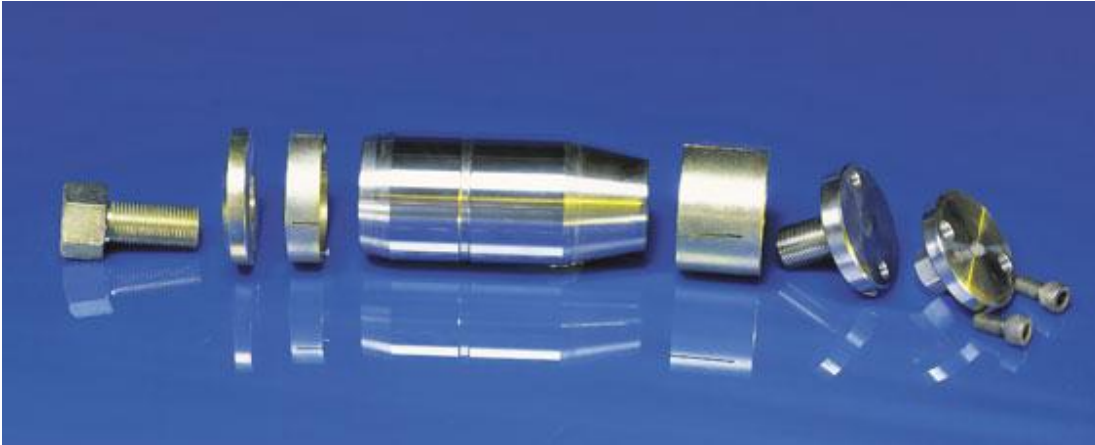


Un mal estado en los anclajes de los cilindros, son una de las razones mas importantes de su ruptura, ya que sin saberlo estamos trabajando con los eje de fuerza cruzado.

### 1Anclajes deteriorados en equipo pala cargadora



## 2 Pernos expansores comercializados por Volvo



Lo primero en deteriorarse cuando se cruza el eje de fuerza es el reten limpiador del vástago que actúa como lo dice su nombre, no dejando que se depositen residuos en el cabezal y produzca ralladuras y salto de la película de cromo, en el vástago cada vez que este actúa.

## 3 Ralladura excesiva de vástago

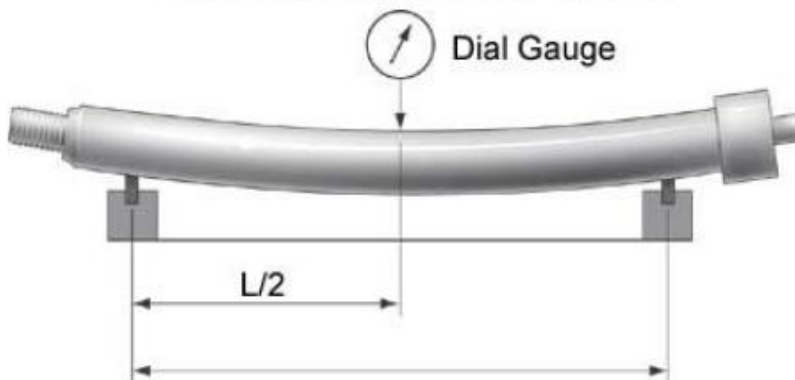


## Falla de curvatura del embolo

La curvatura de las varillas del cilindro puede ser causada por el diámetro de la barra insuficiente, la resistencia del material, el cilindro inadecuada disposición de montaje o una combinación de los tres. Una vez que la varilla se dobla, la carga excesiva se coloca en la junta de vástago que resulta en una falla prematura de la junta. La prueba de Rectitud Rod siempre se debe revisar cuando un cilindro hidráulico

está siendo reparado. Para probar la rectitud, el lugar de la varilla en los rodillos y medir la ejecución con un ancho de línea. La posición de la barra debe ser tal que la distancia entre los rodillos ( $L$ ) es lo más grande posible, y luego medir el run-out en el punto medio entre los rodillos ( $L / 2$ ). La barra debe estar lo más recto posible, sin embargo, una media de 0,5 milímetros por metro lineal de barra se considera generalmente aceptable. Si una varilla se dobla, la carga de la barra actual debería examinarse en la carga admisible sobre la base de arreglo del montaje del cilindro y la resistencia a la tracción del material de la barra. Si la carga es superior a la carga de admisible, entonces una nueva barra debe ser fabricada en material de tracción superior y con aumento del diámetro para evitar se doble en servicio.

### Pruebas de Rod Rectitud

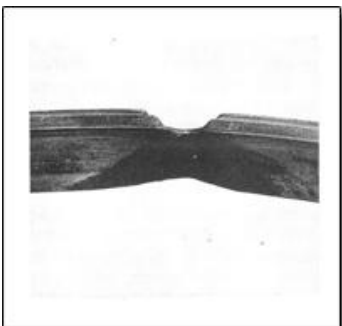


### La falla de efecto diesel

Una consecuencia adicional de las burbujas de aire en los fluidos hidráulicos es el "Efecto Diesel". Si la presión del sistema se incrementa de una forma brusca, en un corto período de tiempo, las burbujas de aire se calienta hasta un punto que se produce un encendido espontáneo de la mezcla aire/gas en las burbujas.

Si, por ejemplo, una burbuja de aire de 25mm de diámetro se comprime desde la presión atmosférica hasta 50 MPa en unos pocos milisegundos, se genera una temperatura de 2.500 °C en el centro de la burbuja.

Si ocurre este efecto en la proximidad de juntas o guías, los aros de guiado y las juntas se carbonizan. Además del posible fallo directo de los elementos, algunas partículas duras, residuos de anillos o juntas pueden causar problemas en el sistema. Por esta razón, se debe prestar especial atención al uso de materiales que no generen residuos de combustión perjudiciales para tales aplicaciones. La Figura 6 muestra un aro de guía de plástico dañado por el Efecto Diesel. El material usado, PTFE modificado, no produce, sin embargo, residuos de combustión abrasivos que pudieran afectar al funcionamiento.



## Tanque de almacenamiento de aceite

El depósito es otro componente importante del sistema hidráulico. Un depósito diseñado apropiadamente debe ser sellado para prevenir la contaminación del fluido, pero al mismo tiempo debe tener una ventilación con un filtro incorporado para permitir la entrada y salida de aire a medida que el nivel de fluido va cambiando.

Una superficie con pendiente facilita el drenaje del agua y sedimentos separados. La espuma se minimiza teniendo un tubo de retorno, con su salida debajo del nivel del fluido dentro del depósito, a medida que placas deflectoras y filtros finos previenen la entrada de burbujas de aire.

**Placa deflectora.** Se usa para separar la línea de entrada de la bomba de la línea de retorno, de forma que el mismo fluido no pueda recircular continuamente, sino que realice un circuito determinado por él tanque.

**Tamaño del depósito.** La dilatación del fluido debida al calor, las variaciones de nivel debidas al funcionamiento del sistema, la superficie interna del tanque expuesta a la condensación del vapor de agua, y la cantidad de calor generada en el sistema, son factores que hay que tener en consideración. En los equipos industriales se acostumbra a emplear un depósito cuya capacidad sea por lo menos dos o tres veces la capacidad de la bomba en litros por minuto.

Un gran volumen de fluido también permite que cualquier volumen de aire en éste sea evacuado a tiempo, y que agua y/o contaminantes sólidos se sedimenten antes que el fluido vuelva a circular.

**Filtros y coladores.** Los fluidos hidráulicos se mantienen limpios en el sistema debido, principalmente, a elementos tales como filtros y coladores. En algunos casos se utilizan también filtros magnéticos para capturar las partículas de hierro o acero que lleva el fluido.

Estudios recientes han mostrado que incluso partículas tan pequeñas como 1.5 micras tienen efectos degradantes, originando fallos en los servosistemas y acelerando el desgaste del aceite en muchos casos.

**Filtros de presión.** Existen filtros diseñados para ser instalados en la línea de presión que pueden captar partículas mucho más pequeñas que los filtros de aspiración.

Un filtro de este tipo puede ser instalado en los sistemas cuyos elementos tales como válvulas, sean menos tolerantes a la suciedad que las bombas. De esta forma el filtro extrae la contaminación fina del fluido a medida que sale de la bomba.

Naturalmente, estos filtros deben poder resistir la presión de trabajo del sistema.



Tradicionalmente, el tamaño recomendado de tanque para aceites hidráulicos minerales ha sido de tres a cinco veces  $Q$  más un 10 por ciento como reserva de aire (en donde  $Q$  es el flujo de la bomba por minuto -o flujo medio por minuto, en caso de que use una bomba de flujo variable). Para algunos fluidos especiales, el tamaño recomendado del tanque es aún mayor. Por ejemplo, para sistemas hidráulicos que utilizan fluidos HFC y HFD, se recomienda un tanque que contenga de 5 a 8 veces la descarga de la bomba por minuto.

Es claro que las formulas anteriores no tienen la intención de vender más lubricante o incrementar el tamaño del riesgo de fuga. Fueron desarrolladas pensando en el desempeño y confiabilidad del sistema hidráulico. Pero en estos días, con una mayor demanda por equipos hidráulicos más ligeros y más compactos (particularmente en el mercado de equipo móvil), los volúmenes de aceite en el tanque de esta magnitud se están volviendo más un sueño que una realidad.

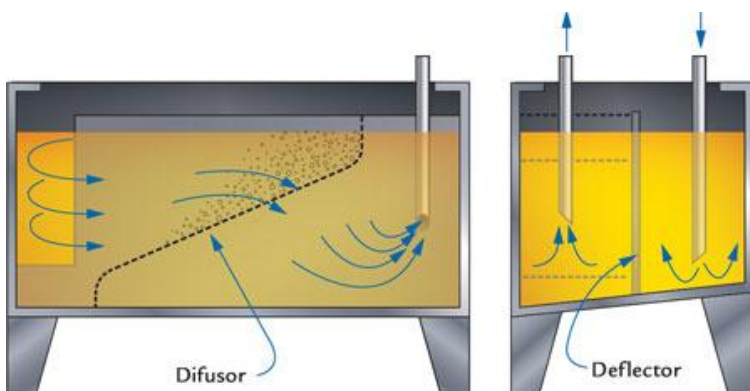
Más allá de su rol más rudimentario de almacenar el fluido, las principales funciones del tanque hidráulico son disipar el calor y permitir que los contaminantes se separen del fluido y se asienten. En la práctica, la cantidad de calor disipado de un tanque, por más grande que este sea, es relativamente pequeña, así que esta función es transferida a un intercambiador de calor, que la desempeñará de una manera más fácil y eficiente. Cuando se trata de contaminantes, el rol del tanque de asentar las partículas y el agua en gran medida se deja a cargo de los filtros del sistema.

Hay una importante función del tanque para la cual no hay un sustituto claro (aparte del volumen adecuado y, por lo tanto, tiempo de residencia): la liberación de aire atrapado.

El aire atrapado en un fluido hidráulico afecta el desempeño y la confiabilidad del sistema .

Cuando se trata de liberar del fluido el aire atrapado, el volumen de aceite y el tiempo de residencia en el tanque son muy importantes, pero también lo es la forma en que el tanque está construido.

Desde la perspectiva del mantenimiento, poco se puede hacer (económicamente, al menos) acerca del volumen instalado del tanque además de especificar el volumen mínimo requerido en el mismo al ordenar equipo nuevo. Pero el tanque, al igual que el intercambiador de calor y los filtros del sistema, debe recibir cuidados. Entre ellos está el drenado regular de los contaminantes asentados y limpieza interna ocasional.



#### 4 Construcción Ideal del Tanque para Liberación de Aire

Las cámaras de expansión ofrecen una excelente barrera para proteger al sistema de la invasión de los contaminantes. Sin embargo, si está utilizando una cámara de expansión, necesita también utilizar un desecante. Las cámaras de expansión ofrecen un ambiente “cerrado” para sus componentes. Cuando se dimensionan adecuadamente, estas cámaras se expanden cuando el sistema necesita expulsar el aire y se contraen cuando el sistema necesita ingresar aire. De esta manera no entrará aire de la atmósfera exterior al interior del sistema. Esto significa que todo lo que se encuentre en el espacio superior quedará atrapado en él, a menos de que se disponga de un sistema in situ para eliminarlo. Esta es una consideración muy

importante, sobre todo cuando hablamos de humedad.

Un espacio superior seco se traduce en un aceite seco. El aire seco por encima del nivel de aceite actúa como un manto desecante, retirando la humedad del aceite. A menudo, esta humedad puede ser retirada del sistema cuando este respira. Cuando elimina la posibilidad de que el sistema respire hacia la atmósfera, también elimina la posibilidad de retirar el aire húmedo. Para asegurar la eliminación de esta humedad, instale un desecante simple no ventilado. El punto más crítico en donde el agua ingresa al aceite, es el aire que está en contacto con él en el tanque de almacenamiento. Muchos de estos recipientes en los sistemas hidráulicos, cuentan con un tapón respirador que permite que la humedad (y partículas también) entre en él, debido a los cambios de volumen del fluido hidráulico por la contracción y expansión térmica o bien por el accionamiento de los cilindros.

Si reemplazamos este tapón respirador por un filtro respirador higroscópico, estaremos evitando la entrada de esta humedad así como de partículas extrañas. Estos filtros higroscópicos combinan un elemento filtrante a base de tejido de poliéster que filtra partículas tan pequeñas como 3 micrones, con un gel de sílice con propiedades secantes que absorbe los vapores de humedad que vienen en el aire. Esto da como resultado un nivel de humedad en el aire dentro del tanque tan bajo que hace casi imposible la condensación y reduce substancialmente la contaminación del aceite por agua.

**Almohadilla de Espuma**

Interrompe la neblina de aceite durante la exhalación y asegura la salida nivelada del aire a través de los filtros y el desecante, proporcionando una máxima eficiencia a través de "flujo posterior".

**Absorción de Vapor de Agua**

El gel de sílice absorbe el agua del aire de entrada. Indica la condición por medio de un cambio de color de azul a rosa.

**Elemento filtrante**

Filtro de poliéster patentado que quita la contaminación suspendida en el aire a 8 micrones absolutos (74% de efectividad en 0.5 micrones) El circuito exclusivo permiten la liberación de partículas durante la exhalación del sistema, contribuyendo al aumento de vida del respirador.

**Tomas de Aire**

Las tomas de aire individual son abiertas basado en los requisitos de flujo del sistema. Medido para 20 cfm (los tapones mantienen la unidad inactiva hasta su uso).

**Elemento filtrante**

El segundo elemento filtrante de poliéster ofrece protección contra cualquier migración de polvo desecante.

**Construcción Flexible**

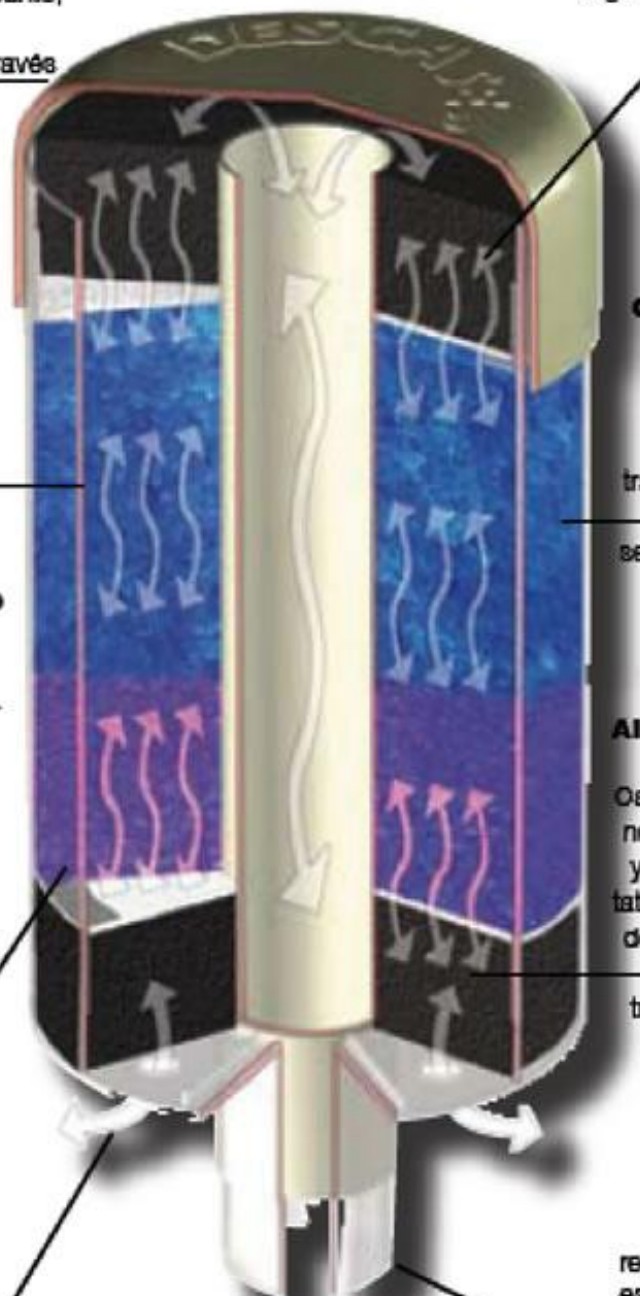
Carcasa absorbente de golpes transparente que proporciona un servicio confiable y fácil mantenimiento

**Almohadilla de espuma**

Captura cualquier neblina de aceite y dispensa equitativamente el aire de entrada sobre las áreas de filtración y secado

**Montaje con Rosca**

Fácilmente reemplaza al filtro estándar/tapa del respirador con uno de dos adaptadores.



## Líneas de conexión

La confiabilidad de que no habra fugas, comienza en la etapa de diseño, cuando el tipo de conector a utilizarse es seleccionado de acuerdo al puerto, o a las conexiones en los extremos de la tubería o de las mangueras.



**Puertos** – Los conectores mas confiables en cuanto al sellado que proporcionan, son aquellos que incluyen un sello de elastómero, tales como la cuerda recta con O-ring, la cuerda BSPP (British Standard Pipe Parallel) o las bridas SAE de cuatro tornillos.

Los conectores NPT (National Pipe Tapered) son los menos confiables en sistemas hidráulicos que manejan alta presión, debido a que la rosca por si misma es una ruta de fuga. Las cuerdas de la rosca se deforman cuando los conectores son ajustados y por lo tanto cualquier apriete o liberación del conector aumentara la posibilidad de una fuga.

Por lo tanto, en sistemas que ya estan en operación, debe procurarse ir sustituyendo conexiones del tipo NPT por conectores que incluyan un sello de elastómero.

**Extremos de Tubería y Mangueras** – Los conectores ORFS (O-Ring Face Seal) para tubería y mangueras tambien proporcionan la confiabilidad que brinda el sellado por elastómero pero debido a su alto costo, no son tan ampliamente utilizados como los conectores JIC de 37° de angulo (SAE J514 37°).

Las conexiones JIC de 37° han ido ganado gran aceptación debido a su sencillez y bajo costo; sin embargo, el sello metal – metal que proporciona, significa que no siempre se consigue una union libre de fugas sobre todo en el caso de conexiones para tubería.

Este problema de fugas con conexiones JIC de 37°, puede solucionarse con un sello desarrollado para este propósito por la firma Flaretite. El sello Flaretite es un anillo de acero inoxidable 304 que se adapta al angulo de 37° y que tiene maquinados escalonamientos concéntricos que tienen un sellador pre-aplicado. Cuando se hace el apriete, los arillos presionan entre las dos caras de la union, eliminando desalineamientos e imperfecciones de las superficies. La combinación de la presión en los arillos y el sellador asegura una union libre de fugas.

### Par de Torsión Incorrecto

Un razon muy frecuente de fugas en conexiones entre superficies metal – metal, es la aplicación de un par de torsión incorrecto; por un lado, si el par de torsión es menor al requerido, se tendra un contacto inadecuado entre las superficies y por el otro, un torque excesivo dañara tanto al tubo como al conector. A continuación se describe un metodo sencillo para asegurarse que el par de torsion aplicado al conector es el correcto:

1. Apriete el barril exagonal hasta que haga contacto con el asiento.
2. Utilizando un marcador, trace una linea recta en el barril exagonal y el conector.



3. Con la herramienta apropiada, apriete el barril exagonal de tal manera que recorra el número de lados del hexágono de acuerdo a la siguiente tabla:

| Tamaño de la Tubería | Numero de Lados del Exagono |
|----------------------|-----------------------------|
| 4                    | 2.5                         |
| 5                    | 2.5                         |
| 6                    | 2.0                         |
| 8                    | 2.0                         |
| 10                   | 1.5 - 2.0                   |
| 12                   | 1.0                         |
| 16                   | 0.75 - 1.0                  |
| 20                   | 0.75 - 1.0                  |
| 24                   | 0.5 - 0.75                  |

### **Vibración**

La vibración puede afectar a la instalación, provocando que los conectores se aflojen y se generen fugas. Las instalaciones con tubería son mucho más sensibles a la vibración que aquellas con mangueras. Si la vibración es excesiva, deberá localizarse el origen de la misma y corregirse. Asegúrese de que toda la tubería esté soportada correctamente con abrazaderas y en casos muy extremos, sustituya los tramos de tubería por mangueras.

### **Daño del Sello**

Si bien hemos resaltado los beneficios de los conectores que incluyen un sello de elastómero, es importante hacer notar que su confiabilidad va a estar directamente relacionada con el hecho de mantener la temperatura del fluido hidráulico dentro de los límites aceptables. Un solo caso de temperatura extrema fuera de los límites permisibles, puede llegar a dañar todos los sellos en un sistema hidráulico, después de lo cual se presentarán numerosas fugas en su instalación.

## Filtros hidráulicos

Control de la contaminación durante los cambios de filtro.

Los contaminantes también pueden entrar en el sistema hidráulico durante los cambios de filtro. La contaminación puede producirse tanto si el cambio de filtro no se realiza correctamente como si no se utiliza el filtro adecuado. A continuación le damos algunos consejos para controlar la contaminación durante los cambios de filtro:

- Cambie los filtros regularmente y con cuidado - Los filtros hidráulicos deben cambiarse al menos cada 500 horas. Como los filtros usados contienen contaminantes, es importante quitarlos con cuidado para que los contaminantes no vuelva a entrar en el sistema hidráulico. También es importante conservar los filtros nuevos en su envase original hasta el mismo momento de su utilización. El envase evitará que se contaminen.
- Si los cambia en base a un programa, los está cambiando quizá muy rápido o demasiado tarde. Si los cambia a una edad temprana, antes de que las capacidades de retención de contaminantes de los filtros se hayan agotado, está perdiendo dinero en innecesarios cambios de filtro. Si cambia los filtros de forma tardía, después de que el filtro ha utilizado la válvula de derivación (bypass), el aumento de partículas en el aceite reduce significativamente la vida útil de cada componente en el sistema hidráulico - con un costo mucho más grande en el largo plazo.
- La solución es cambiar los filtros cuando toda su capacidad de retención de suciedad ha sido utilizada, pero antes de que el bypass se abra. Esto requiere un mecanismo para vigilar la caída de presión en el elemento filtrante y que le avise cuando se alcanza este punto. Un indicador de la obstrucción o caída de presión es la forma más indicada de este dispositivo.
- Una solución mejor es el seguimiento continuo de la caída de presión a través del filtro. Después de abrir el sistema utilice filtros de alto rendimiento - Los filtros de limpieza se utilizan después de una intervención en el sistema hidráulico. Se deben de cambiar a las 250 horas y comprobar su estado interno de contaminación. Si están muy contaminados se debe de usar de nuevo un filtro de limpieza. Si están limpios se pueden usar los filtros normales. Los filtros de alto rendimiento llevan un núcleo filtrante ultraeficiente que retiene los contaminantes más pequeños.
- Utilice el filtro adecuado - Si se utiliza un filtro inadecuado se puede poner en peligro el rendimiento del sistema. La utilización de filtros que no cumplen las especificaciones requeridas puede causar la contaminación del sistema o crear problemas de resistencia al paso de los fluidos que puede llegar a obligar a cambiar los filtros con mayor frecuencia que la recomendada. Para evitar estos problemas, se recomienda utilizar los filtros que cumplen todas las especificaciones del fabricante de su máquina. Los aceites hidráulicos son líquidos transmisores de potencia que se utilizan para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo.

- Hay dos lugares en los cuales los filtros hidráulicos pueden hacer más daño que bien y pueden destruir rápidamente los componentes hidráulicos. Estas ubicaciones deben evitarse y son la entrada de la bomba y las líneas de drenaje de bombas de pistones y motores. Esto contradice la práctica convencional, en la que se cree necesario contar con un colador sobre la entrada de la bomba para protegerlo de la "basura". En primer lugar, la bomba extrae el aceite de un depósito dedicado a contener aceite, no es un depósito de basura. En segundo lugar, no debería ser normal o aceptable que la basura entre al tanque hidráulico.

### **Colectores Magnéticos de Partículas**

Conforme envejecen las máquinas y se desgastan, se pierde metal que se incorpora al aceite o grasa. La tasa de desgaste es directamente proporcional al crecimiento de la población de partículas ferrosas en nuestros lubricantes y filtros. Estas partículas de desgaste movilizadas representan un mayor riesgo al causar daño colateral en cualquier parte de la máquina.

Salvo raras excepciones, las partículas ferrosas causadas por desgaste mecánico también son ferromagnéticas, lo que significa que tienen una inherente susceptibilidad magnética. Cuando la tecnología de detección y separación magnética se selecciona e instala apropiadamente en la maquinaria, los beneficios pueden ser cuantiosos:

**Mejor estabilidad a la oxidación del lubricante:** Muchos lubricantes se estresan considerablemente cuando se les expone a oxígeno presurizado, humedad y calor. Se sabe que las partículas ferrosas son catalizadores de la oxidación, lo que en lenguaje figurado significa que "avivan la llama". Su remoción del aceite hace justo lo opuesto, dando como resultado la supresión de la oxidación. En ciertos casos, esto podría permitir utilizar lubricantes menos costosos (comprados contra los sintéticos, por ejemplo) en algunas aplicaciones para alcanzar vidas de servicio extendidas (drenados de aceite más largos).

**Mejora del desempeño del filtro:** Cuando los separadores magnéticos se utilizan antes de los filtros existe la posibilidad de beneficiar al sistema de filtración con una mayor vida de servicio y mayor eficiencia de captura de partículas. Esto dará como resultado una reducción del costo de filtración (partes y mano de obra) y mejor control de la contaminación.

**Remoción de partículas en fluidos sin filtrar:** Muchos aceites en la maquinaria no pueden ser filtrados por varias razones. Entre ellas se incluyen aplicaciones lubricadas de por vida y sistemas no circulantes (aquellos que no cuentan con una bomba y flujo forzado de aceite). Algunos ejemplos son engranajes lubricados por salpique, rodamientos lubricados por baño y aplicaciones lubricadas por arillo. En otros casos, el tipo de lubricante no es particularmente filtrable, como aquellos fluidos de muy alta viscosidad y aceites que contienen aditivos sólidos o semi-sólidos. Aún cuando esos filtros no pueden ser filtrados, generalmente se beneficiarán con la instalación de separadores magnéticos como una alternativa práctica.

**Control de partículas mientras el filtro está en derivación (by-pass):** Muchos filtros operan en by-pass parcial o total por periodos extendidos de tiempo. Hay varias razones por las que esto ocurre, entre las que se incluyen condiciones de arranque en frío, obstrucción prematura del filtro y variaciones súbitas de flujo inducidas por carga de actuadores hidráulicos. Existen numerosas aplicaciones de filtros de aceite en

donde el filtro no cuenta con un indicador de by-pass o en que el instrumento indicador no dispara la alarma. Por ejemplo, la gran mayoría de filtros de aceite en motores de gasolina, diesel o gas natural no cuentan con un indicador de by-pass. Incluso, en las mismas aplicaciones hay numerosas causas de bloqueo prematuro del filtro (fuga de refrigerante, por ejemplo). En tales casos, los separadores magnéticos de partículas pueden mejorar la remoción de partículas durante el by-pass del filtro.

**Detección e identificación de partículas de desgaste:** Las partículas de desgaste remanentes con frecuencia son muy pequeñas y en baja concentración, no representan las condiciones reales de generación de partículas de desgaste de la maquinaria. Por el contrario, los dispositivos de recolección de partículas magnéticas pueden brindar una inspección rápida y recoger partículas vírgenes (recién formadas y no deformadas por la máquina) para su análisis.

## Válvulas

A menudo, las válvulas son cambiadas porque se atascan en una posición y no responden adecuadamente a los comandos. Cuando el sistema deja de operar efectivamente, la única opción es detener la máquina y cambiar las válvulas.

A medida que el aceite se envejece, se degrada a través de la oxidación y descomposición térmica. Los aditivos, que son sustancias químicas mejoradores del desempeño del aceite, se consumen durante la vida del fluido. Estos subproductos de la descomposición por el envejecimiento se incrementan durante la vida del aceite, finalizando con la formación de barniz.

Debido a que el barniz es una sustancia polar, es atraído hacia las superficies metálicas, incluyendo las servo-válvulas. Comienza como un residuo pegajoso y suave atrapando las partículas de desgaste, formando una superficie parecida al papel de lija. Con el tiempo, termina transformándose en una laca dura y tenaz.

El aceite oxidado generalmente no lubrica bien. Reduce el flujo de aceite, tapona filtros, causa que las válvulas se peguen (especialmente las proporcionales y las servo-válvulas), incrementa la fricción, reduce la transferencia de calor y eleva la temperatura de operación. Debido a que el barniz actúa como un aislante, disminuye la capacidad de enfriamiento. Además, la oxidación acorta la vida del componente, afecta las válvulas, filtros, bombas, rodamientos y sellos. El resultado, una reducción en el desempeño de los sistemas hidráulicos.

La solución ideal es usar fluidos hidráulicos que no produzcan barniz que se deposite en las superficies metálicas mientras provee una importante prevención contra el desgaste y la corrosión y adecuada capacidad para separarse del agua. Debido a que las formulaciones son cuidadosamente balanceadas para cumplir con los requerimientos de los OEM, añadir al fluido un nuevo aditivo mitigador de la formación de barniz que caracterice el perfil de desempeño del fluido, requiere de una solución única.

Los fluidos disponibles en la actualidad incorporan una química de aditivos que reacciona con los precursores de barniz, minimizando la formación de películas resinosas sobre los componentes del sistema. Estas tecnologías han obtenido recientemente la aprobación **HF-0 de Denison**.



**5 Depósito lleno de Barniz. Si el barniz está presente en el depósito, también lo estará en otros lugares del sistema**

## **Fluido hidráulico**

Los aceites hidráulicos son líquidos transmisores de potencia que se utilizan para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo.

### **FUNCIONES.**

1. Transmitir la potencia de un punto a otro.
2. Realizar el cierre entre piezas móviles reduciendo fricciones y desgastes.
3. Lubricar y proteger contra herrumbre o corrosión las piezas del sistema.
4. No sufrir cambio físico o químico o el menor posible.
5. Suministrar protección contra el desgaste mecánico.

### **PARÁMETROS MÁS IMPORTANTES.**

#### Temperatura de funcionamiento.

Influyen sobre las propiedades físicas y químicas del fluido. Las altas temperaturas condicionan la vida útil del fluido, su resistencia de película, su viscosidad, etc. La temperatura baja puede presentar problemas debidos a dificultades en el bombeo. En transmisiones que trabajen al exterior pueden presentarse variaciones de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $+45^{\circ}\text{C}$ .

#### Viscosidad

Afecta a las propiedades de fricción del fluido, el funcionamiento de la bomba, la cavitación, el consumo de energía y la capacidad de control del sistema.

#### Compatibilidad.

Tiene gran importancia la compatibilidad del fluido con los metales, con las juntas de cierre, etc. También es esencial que el fluido ejerza una protección contra la corrosión de los metales, siendo el cobre uno de los menos deseables para los sistemas hidráulicos por su poder catalizador.

#### Estabilidad.

La estabilidad térmica e hidrolítica y la resistencia a la oxidación son de gran interés para la vida útil tanto del fluido como del equipo.

#### Velocidad de respuesta.

De ésta depende la precisión de movimientos de los mecanismos dirigidos y depende de la viscosidad del fluido y sus características de compresibilidad. La presencia de aire hace disminuir esta velocidad y puede originar cavitaciones.

#### Resistencia de película y presión.

Esta es una propiedad muy compleja que está relacionada con su capacidad para disminuir la fricción y el desgaste. La presión es un factor esencial tanto para el rendimiento del fluido como para la vida del equipo, por ello es necesario que para obtener una gran precisión en los movimientos el fluido tenga una compresibilidad la más baja posible.

La consideración de todos estos parámetros, permite definir las principales propiedades que deberá presentar un fluido que sea adecuado para su utilización en transmisiones hidráulicas.

## PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS HIDRÁULICOS.

1. Viscosidad apropiada.
2. Variación mínima de viscosidad con la temperatura.
3. Estabilidad frente al cizallamiento.
4. Baja compresibilidad.
5. Buen poder lubricante.
6. Inerte frente a los materiales de juntas y tubos.
7. Buena resistencia a la oxidación.
8. Estabilidad térmica e hidrolítica.
9. Características anticorrosivas.
10. Propiedades antiespumantes.
11. Buena demulsibilidad.
12. Ausencia de acción nociva.

El grado de aceite hidráulico más conveniente para maquinaria debe ser 10W, además de obedecer a la designación A.P.I. CC/SF.

### Caterpillar TO-4

Esta nueva especificación, clasifica en forma independiente las pruebas características de motores de combustión interna y las típicas de los fluidos de transmisión automática y tractores. La introducción de las nuevas pruebas de fricción, obliga a los fluidos Caterpillar TO-4 a clasificarse como una calidad aparte.

### Cuidado del fluido hidráulico

Sólo hay dos condiciones que exigen un cambio de aceite hidráulico: la degradación de la base del aceite o la pérdida de las propiedades del aditivo.

Hay muchas variables que determinan la velocidad a la que el aceite se degrada y la utilización de aditivos; el cambio de aceite hidráulico basado en horas de servicio, no es una practica recomendable..

El cambio del aceite antes de tiempo es antieconómico. Por otra parte, si se sigue operando con el aceite degradado y sin aditivos, se compromete la vida útil de componentes en el sistema hidráulico. La única manera de saber cuando es necesario un cambio de aceite a través del análisis del aceite.

La viscosidad del aceite en gran medida determina la temperatura mínima y máxima en el que el sistema hidráulico puede funcionar con seguridad. Si se utiliza un aceite con una viscosidad demasiado alta para el clima en el que debe operar la máquina, el aceite no fluirá correctamente o no lubricara adecuadamente durante el arranque en frío. Si se utiliza con una viscosidad demasiado baja para el clima prevaleciente, no mantendrá la viscosidad mínima requerida, y por lo tanto la lubricación adecuada, en los días más calurosos del año.

La viscosidad también afecta el rendimiento de la potencia del sistema al incrementar la fricción entre el aceite hidráulico y los componente del sistema.

El uso de viscosidades inadecuadas no sólo provoca mala lubricación y daños prematuros de los componentes principales, sino que también incrementa el consumo de energía (gasóleo o electricidad).

**Mantenga baja la temperatura** - El calor se desarrolla en el fluido a medida que es forzado a través de bombas, tuberías de motor, y válvulas de alivio. En sistemas convencionales, las temperaturas excesivas oxidarán al aceite y llevarán a depósitos de barniz y lodos en el sistema. Por el contrario, si la temperatura es muy baja se permitirá la condensación en el depósito y aumentará la probabilidad de cavitación de la bomba.

Mantenga la temperatura entre 40 y 60 °C en sistemas hidráulicos convencionales. Algunos sistemas con bombas variables y transmisiones hidráulicas operan hasta 120 °C. Mantenga a los sistemas que operan con un fluido base agua por debajo de 60 °C para evitar que el agua se evapore.

Los depósitos causados por las altas temperaturas taponarán las válvulas y pantallas de succión y provocarán fallas u operación defectuosa en las servoválvulas de tolerancias estrechas.

Para permitir que el calor irradie del sistema, mantenga limpio el exterior del depósito y el área circundante libre de obstrucciones. Asegúrese que el enfriador de aceite funciona correctamente y mantenga los radiadores refrigerados por aire libres de polvo. La caída normal de temperatura para la mayoría de los enfriadores de aceite es de 4 a 7 °C. Los depósitos deben estar completados hasta el nivel adecuado para permitir el tiempo necesario de residencia del fluido para disipar el calor y decantar el agua y el polvo.

### **Control de la contaminación durante el cambio, llenado y almacenado del aceite.**

Aunque el aceite se refina y mezcla en condiciones de relativa limpieza, incluso el aceite nuevo puede contener miles de partículas microscópicas. El aceite se contamina si se almacena en depósitos o bidones sucios o por procedimientos inadecuados. A continuación se incluyen algunas medidas para evitar la contaminación en los cambios de aceite:

1. Utilice el aceite adecuado - Los aceites hidráulicos de alta calidad contienen aditivos antioxidantes que contribuyen a prevenir la contaminación química. Un segundo tipo de aditivos son los antidesgaste, como el zinc. Como regla general, cuanto mayor sea el nivel de zinc menor será el índice de desgaste de las bombas, válvulas de control, cilindros y otros componentes. Compruebe siempre que el aceite hidráulico que está usando cumple las especificaciones del fabricante.
2. Cambie el aceite regularmente y con limpieza - La vida de un aceite viene determinada por muchos factores entre los que se incluyen las condiciones de trabajo. La norma general es cambiar el aceite cada 2000 horas. Los resultados de algún tipo de análisis del aceite nos permitirán ajustar los periodos de cambio del mismo. Vacíe el aceite usado cuando esté caliente y agitado (de esta forma, al estar los contaminantes mezclados con el aceite, serán eliminados en mayor cantidad al vaciarlo). Vierta el aceite nuevo cuando está frío y sin agitar (los contaminantes están depositados en el fondo y permanecerán en él durante todo el llenado).
3. Utilice un carro de llenado con filtro - Si es posible cuando cambie el aceite hidráulico use para el trasvase del mismo si lo tiene disponible un carro con filtro para evitar la entrada de contaminantes.
4. Cierre los bidones de aceite con tapas muy ajustadas - El agua y las partículas en suspensión en el aire pueden entrar en los bidones de aceite. Puede evitarse este problema utilizando bidones provistos de tapas muy ajustadas. Mantenga siempre los bidones bien cerrados.



## **Análisis de aceites S.O.S. de Caterpillar.**

El S.O.S. (Sistema de análisis de aceite) introducido por Caterpillar en 1971 se compone de tres pruebas complementarias: Análisis del metal de desgaste, Análisis por infrarrojos y Recuento de partículas. Estos test permiten conocer lo que está sucediendo en el interior de un sistema hidráulico.

- El análisis del metal de desgaste identifica el metal de desgaste específico y la cantidad de contaminantes en el aceite.
- El análisis por infrarrojos permite conocer el estado del aceite y si los componentes han afectado la composición química del aceite.
- Con el recuento de partículas se cuantifican las partículas, tanto metálicas como no metálicas. Permite detectar la acumulación de todas las partículas incluidas las grandes (superiores a 15 micrones) que el análisis del metal de desgaste no puede detectar. Esta prueba constituye la primer alarma en caso de desgaste anormal.

La contaminación se mide mediante el código Iso. El código viene representado por dos números en forma de quebrado. Al realizar un conteo de partículas los resultados nos dan la cantidad de partículas y su distribución por tamaño. De los tamaños que hay, nos interesan dos, que nos darán los dos números del código ISO.

- El primer tamaño nos da las partículas mayores de 5 micras.
- El segundo tamaño nos da las partículas mayores de 15 micras.

Se eligieron estos dos tamaños porque las partículas mayores de 5 micras causan depositación y taponan el flujo del aceite. Las partículas mayores de 15 micras indican desgaste rápido y potencial avería prematura.

| <b>TABLAS DE CÓDIGOS ISO COMPLETAS</b> |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>28 CÓDIGOS ISO</b>                  | <b>NUMERO DE PARTÍCULAS / ML</b> |
| 23                                     | 40.000-80.000                    |
| 22                                     | 20.000-40.000                    |
| 21                                     | 10.000-20.000                    |
| 20                                     | 5.000-10.000                     |
| 19                                     | 2.500-5.000                      |
| 18(limpio)                             | (sistema hidráulico)1.300-2.500  |
| 17                                     | 640-1.300                        |
| 16 (muy limpio)                        | (aceite de relleno) 320-640      |
| 15                                     | 160-320                          |
| 14                                     | 80-160                           |
| 13                                     | 40-80                            |
| 12                                     | 20-40                            |
| 11                                     | 10-20                            |
| 10                                     | 5-10                             |
| 9                                      | 2-5                              |
| 8                                      | 1-2                              |

Pongamos un ejemplo: En una muestra hay 1.350 partículas/volumen de >5 micras y 105 partículas/volumen de >15 micras. Si buscamos en la tabla de equivalencias nos resultara un código ISO 18/14.

### INDICACIÓN DE LIMPIEZA SEGÚN LOS CÓDIGOS ISO

|   | <u>ACEITE MUY SUCIO</u> | <u>ACEITE SUCIO</u> | <u>OBJETIVOS HIDRÁULICO/ DIRECCIÓN</u> | <u>Aceite de relleno</u> |
|---|-------------------------|---------------------|--|--------------------------|
| <br>>5 MICRAS  | <b>24</b><br>160,000    | <b>21</b><br>20,000 | <b>18</b><br>2,500                     | <b>16</b><br>640         |
| <br>>15 MICRAS | <b>19</b><br>5,000      | <b>17</b><br>1,300  | <b>15</b><br>320                       | <b>13</b><br>80          |

|  |  |
|--|--|
| <b>Inspección diaria o cada 10 horas.</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compruebe el nivel de fluido hidráulico.</li> <li>• Compruebe que no hay pérdidas en las bombas y cilindros hidráulicos.</li> <li>• Compruebe el estado o posibles pérdidas en las mangueras y líneas hidráulicas y en la zona del depósito hidráulico.</li> </ul>  |
| <b>Inspección mensual o cada 250 horas.</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realice las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 horas.</li> <li>• Compruebe que el estado del enfriador de aceite hidráulico no tiene pérdidas o está obstruido.</li> <li>• Compruebe el estado de las conexiones en todas las líneas hidráulicas.</li> </ul>  |
| <b>Inspección trimestral o cada 500 horas.</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realice las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 y las 250 horas.</li> <li>• Cambie el filtro hidráulico.</li> <li>• Compruebe que los tornillos de los soportes y bombas hidráulicas no están flojos o se han perdido.</li> </ul>  |
| <b>Inspección semestral o cada 1000 horas.</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realice las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10, 250 y las 500 horas.</li> <li>• Compruebe la presión del sistema hidráulico.</li> <li>• Compruebe los tiempos de ciclo e índices de desviación del sistema hidráulico.</li> <li>• Compruebe que los orificios de desagüe de la bomba no tienen pérdidas.</li> </ul> |
| <b>Inspección anual o cada 2000 horas.</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realice las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10, 250, 500y las 1000 horas.</li> <li>• Cambie el aceite hidráulico y lave las rejillas de la boca de llenado.</li> </ul>  |

## Conclusión

El aceite es el componente más importante de cualquier sistema hidráulico. El aceite no solo es un lubricante, también es el medio por el cual la potencia se transfiere a todo el sistema hidráulico.

Es esta doble función que hace que la viscosidad sea la propiedad más importante del aceite, ya que afecta tanto el rendimiento de la máquina como la vida útil de la misma.

Utilizar aceites que cumplan la norma Caterpillar to4 o komatsu to50.

La limpieza del fluido es fundamental. El respiradero del tanque debe ser en lo posible una cámara de expansión con elemento diltrante y desecador, para evitar que el tanque aspire aire contaminado del exterior.

Monitorear la presión en los filtros para evitar que trabajen obstruido y que el fluido pase sin filtrar a través del bypass.

Mantener en optimas condiciones los pernos de los cilindros.

Fuentes:

[www.foromaquinas.com](http://www.foromaquinas.com)

<http://members.fortunecity.es/100pies/>

<http://www.machinerylubrication.com/sp/home.asp>

<http://www.insidersecretstohydraulics.com>

<http://www.pinilla.com>

<http://www.cipresa.com.mx>

<http://www.unicilindros.com.co>

<http://www.lbservice.com.ar>

<http://www.parkerfiltracion.com.mx>

<http://www.aftermarketsuppliers.org>

<http://www.youtube.com/>