

FILTRACIÓN (PRINCIPIOS BASICOS)

Control de contaminación en los sistemas hidráulicos

INTRODUCCIÓN

El control de Contaminación en los sistemas hidráulicos es un tema muy amplio y complejo; en el siguiente texto mostramos un resumen de ello. Para cualquier tipo de información más detallada nuestro Servicio de Ventas se encuentra a vuestra disposición.

La función del fluido en los sistemas hidráulicos consiste en transmitir fuerzas y movimiento.

Para conseguir un proceso correcto y eficiente es muy importante seleccionar el fluido considerando las características del sistema y las condiciones específicas de trabajo (presión de servicio, temperatura ambiente, localización del sistema, etc).

En función de las características requeridas (viscosidad, capacidad de lubricación, protección al desgaste, densidad, resistencia al envejecimiento y resistencia térmica, compatibilidad entre los materiales, etc.), el aceite a utilizar puede escogerse alrededor de numerosos tipos minerales (en la mayoría de los casos), fluidos sintéticos, fluidos de base acuosa, fluidos respetuosos con el medio ambiente, etc. Todos los fluidos hidráulicos están clasificados en función de la normalización internacional.

La contaminación de sólidos está considerada la principal causa de mal funcionamiento, errores y del rápido deterioro en los sistemas hidráulicos; resulta imposible eliminarla por completo, pero si se puede controlar mediante los dispositivos adecuados (filtros). No importa que tipo de fluido se utilice, el nivel de contaminación debe mantenerse por debajo del requerido por el elemento más sensible del sistema.

CÓMO SE MIDE LA CONTAMINACIÓN

Para medir el nivel de contaminación se cuenta el número de partículas que se encuentran en una cierta área por unidad de volumen del fluido; seguidamente este dato se clasifica en las Clases de Contaminación, atendiendo a las normativas internacionales.

La medida se realiza con Contadores de Partículas Automáticos, los cuales son capaces de hacer el análisis en tiempo real (a través de conectores de muestreo colocados en el sistema) o desde botellas de muestreo. Las medidas y los muestreos del fluido se deben realizar según las normas ISO específicas.

La norma más usual para las Clases de Contaminación en los sistemas hidráulicos es la ISO 4406:1999; otra bastante utilizada es la NAS 1638 (actualmente en revisión).

CLASES DE CONTAMINACIÓN SEGÚN LA NORMA ISO 4406:1999

La Clase de Contaminación según esta norma está definida por 3 números que indican el número de partículas por cada 100 ml de fluido con tamaño superior a 4, 6 y 14 $\mu\text{m}_{(c)}$ respectivamente.

Código ISO	Número de partículas por 100 ml	
	más de	hasta
22	2.000.000	4.000.000
21	1.000.000	2.000.000
20	500.000	1.000.000
19	250.000	500.000
18	130.000	250.000
17	64.000	130.000
16	32.000	64.000
15	16.000	32.000
14	8.000	16.000
13	4.000	8.000
12	2.000	4.000
11	1.000	2.000
10	500	1.000
9	250	500
8	130	250

Ejemplo:



Código ISO 21/18/15 : 21 \Rightarrow \geq 4 $\mu\text{m}_{(c)}$ 18 \Rightarrow \geq 6 $\mu\text{m}_{(c)}$ 15 \Rightarrow \geq 14 $\mu\text{m}_{(c)}$

La Clase de Contaminación describe el contenido de un fluido:

- entre 1.000.000 y 2.000.000 partículas \geq 4 $\mu\text{m}_{(c)}$ para 100 ml
- entre 130.000 y 250.000 partículas \geq 6 $\mu\text{m}_{(c)}$ para 100 ml
- entre 16.000 y 32.000 partículas \geq 14 $\mu\text{m}_{(c)}$ para 100 ml

FILTRACIÓN (PRINCIPIOS BASICOS)

Control de contaminación en los sistemas hidráulicos

FILTROS Y RECAMBIOS

En todos los sistemas hidráulicos existe una contaminación de sólidos inicial, con tendencia a aumentar durante el proceso debido al desgaste de los componentes, contaminación por las juntas, etc. Por esta razón es necesario usar filtros que retengan el contaminante y permitan alcanzar y mantener el nivel de contaminación requerida.

Dependiendo del lugar en que se encuentran ubicadas en el sistema, los tipos de filtros más comunes son:

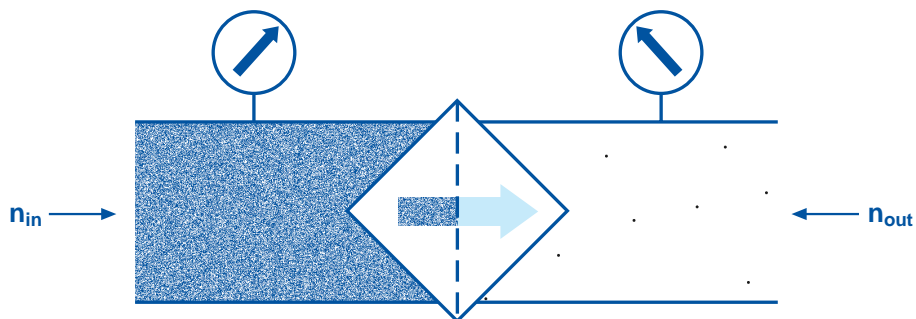
- **filtros de retorno**, de baja presión, filtrando el aceite antes de que retorne al depósito. Su función consiste en mantener el nivel mínimo de contaminación dentro del depósito (protección indirecta de los componentes) y debe ser diseñado para tener una alta capacidad para capturar la suciedad (es decir, una larga vida útil). Generalmente, sus elementos de filtración están fabricados con fibra de vidrio (filtración absoluta, $\beta_x \geq 75$) o en celulosa (filtración nominal, $\beta_x \geq 2$).
- **filtros en línea**, en la línea de presión, protegiendo directamente uno o más componentes, al asegurarse que están siendo alimentados con aceite de la misma pureza. Generalmente, sus elementos de filtración están fabricados con fibra de vidrio (filtración absoluta, $\beta_x \geq 75$), a veces en celulosa (filtración nominal, $\beta_x \geq 2$).
- **filtros de aspiración**, en la línea de aspiración, protegiendo la bomba de posible contaminación importante. Generalmente, sus elementos de filtración son de acoplamiento de alambre de metal (filtración geométrica) y deben ser diseñados con precisión, para evitar la posibilidad de cavitación de la bomba.

Los buenos filtros de aire (respiraderos), **filtran el aire** aspirado dentro del depósito cuando el aceite va a los actuadores, se utilizan para evitar la entrada de contaminantes desde el exterior.

Cuando se requiere muy baja contaminación (es decir, una alta pureza) es necesario utilizar un **filtro "off-line"**, que trabaja a un flujo y presión constantes, para obtener la eficiencia más alta posible en la filtración.

Incluso en los aceites nuevos siempre se encuentra una cierta contaminación sólida, por eso es bueno hacer los llenados y rellenados del sistema mediante una **unidad de filtración**.

CÓMO SE MIDE LA EFICIENCIA EN LA FILTRACION



Cociente beta:

$$\beta_x = (n_{in} = X \mu\text{m}) : (n_{out} = X \mu\text{m})$$

donde "n" es el número de partículas
= x μm antes y después del filtro.

Por ejemplo, si usted tiene 100.000 partículas = 10 μm
antes del filtro y 1.000 partículas después del filtro:

$$\beta_{10} = 100.000 : 1.000 = 100$$

Eficiencia de filtración $\eta(\%)$:

$$\eta = 100 - (100 : \beta)$$

es decir

$\beta_x = 2$ ue significa $\eta = 50,00 \%$

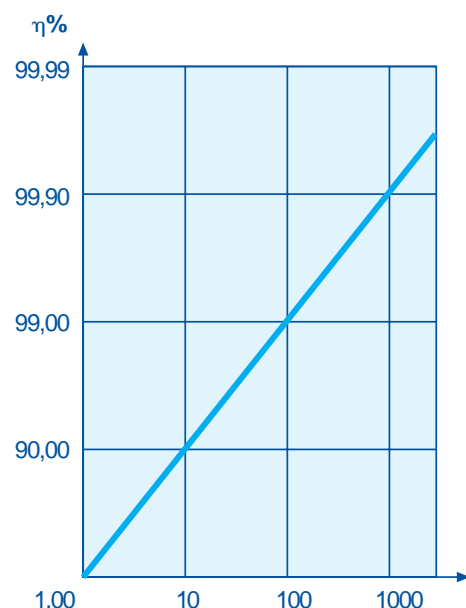
$\beta_x = 20$ ue significa $\eta = 95,00 \%$

$\beta_x = 75$ ue significa $\eta = 98,67 \%$

$\beta_x = 100$ ue significa $\eta = 99,00 \%$

$\beta_x = 200$ ue significa $\eta = 99,50 \%$

$\beta_x = 1.000$ ue significa $\eta = 99,90 \%$



FILTRACIÓN (PRINCIPIOS BASICOS)

Control de contaminación en los sistemas hidráulicos

RECAMBIOS Y CLASES DE CONTAMINACIÓN

Cada fabricante de componentes hidráulicos especifica la clase de contaminación requerida para el mejor funcionamiento y vida de sus componentes.

Para conseguir el nivel de pureza requerido, el medio del filtro UFI apropiado se elige en función de la siguiente tabla:

Uso típico	Aeronáutica, bancos de prueba	Aeronáutica, Robótica.	Robótica, precisión de máquinas herramienta.	Máquinas de alta confiabilidad, Transmisiones hidrostáticas.	Máquinas industriales, máquinas de movimiento de tierra	Máquinas móviles	Máquinas para industria pesada	Máquinas para sistemas agrícolas de servicio no continuo
Bombas y/o motores		Pistón, variable >21 MPa	Pistón, variable <21 MPa Paleta, variable >14 MPa	Pist/paleta, variable <14 MPa Pist/paleta, fijo >14 MPa	Pistones, fijos <14 MPa Paleta, fijo >14 MPa	Paleta, fijo >14 MPa Engranaje >14 MPa	Paleta, engranaje fijo <14 MPa	Paleta, engranaje fijo <14 MPa
Válvulas	Servoválvulas >21 MPa	Servoválvulas <21 MPa Proporcional >21 MPa	Proporcional <21 MPa Cartucho >14 MPa	Cartucho <14 MPa	Solenoides >21 MPa	Solenoides <21 MPa	Solenoides >14 MPa	Solenoides >14 MPa
Clase de Contaminación NAS 1638	4	5	6	7	8	9	10	11
Clase de Contaminación ISO 4406 - 1999	15/13/10	16/14/11	17/15/12	18/16/13	19/17/14	20/18/15	21/19/16	22/20/17
Medio del filtro UFI recomendado	FA $\beta_{3 > 200}$	FA - FB $\beta_{3 > 200}$ $\beta_{6 > 200}$	FB $\beta_{6 > 200}$	FB - FC $\beta_{6 > 200}$ $\beta_{12 > 200}$	FC - FD $\beta_{12 > 200}$ $\beta_{25 > 200}$	FD $\beta_{25 > 200}$	FD - CC $\beta_{25 > 200}$ $\beta_{10 > 2}$	CC $\beta_{10 > 2}$

NUEVAS REFERENCIAS PARA EL RATIO "BETA"

Desde 1999, la nueva norma ISO 16889 ha sustituido a la anterior, la ISO 4572 respecto a la prueba de pasos múltiples, midiendo el valor de Beta de un elemento del filtro.

La nueva norma utiliza el test de polvo ISO MTD en lugar del anterior ACFTD, ambos en la prueba de pasos múltiples de los bancos de prueba utilizados para la calibración de contadores automáticos de partículas.

En la ISO 16889 el tamaño de las partículas se mide de forma diferente a la ISO 4572.

Para evitar a confusiones, cuando los micrones se miden en función de la ISO 11171 se indican en $\mu m_{(c)}$.

Las 3 medidas de referencia al estado de la clase de contaminación (en función de la ISO 4406- 1999) actualmente son:

4 $\mu m_{(c)}$ (2 μm en la anterior norma)

6 $\mu m_{(c)}$ (5 μm en la anterior norma)

14 $\mu m_{(c)}$ (15 μm en la anterior norma)

En función del método de medida utilizado, la referencia de los valores de Beta del medio del filtro UFI son los siguientes:

Medio UFI	$\beta_x > 200$ (ISO 4572)	$\beta_{x(c)} > 1000$ (ISO 16889)
FA	3 μm	5 $\mu m_{(c)}$
FB	6 μm	7 $\mu m_{(c)}$
FC	12 μm	12 $\mu m_{(c)}$
FD	25 μm	21 $\mu m_{(c)}$

N.B. Las clases de contaminación alcanzadas (es decir el desempeño en campo) así como los valores de la pérdida de carga, se mantienen constantes.

Los datos que se encuentran en nuestro catálogo aún están referidas a la norma ISO 4572, mientras esperamos a los nuevos informes de prueba según la norma ISO 16889.

FILTRACIÓN (PRINCIPIOS BASICOS)

Control de contaminación en los sistemas hidráulicos

EL CAUDAL REAL A TRAVÉS DEL FILTRO

Para diseñar correctamente el filtro, es esencial calcular el caudal real de aceite que circula a través de éste:

- en **filtros de aspiración y presión** el caudal real suele ser el mismo que el que entrega la bomba (con excepción de FPD01 y los de la serie 12, donde el caudal real es el único requerido por la válvula piloto)
- en **filtros de retorno** es necesario calcular el máximo caudal real necesario, teniendo en cuenta cualquier línea de vuelta adicional posible, cilindro o acumulador. Si dicho dato no es conocido, como buena regla un caudal por lo menos 2 ÷ 2,5 veces la entrega de la bomba debe ser considerada.

La vida del elemento filtrante está afectada directamente por la calidad del ambiente donde está instalada la máquina y su grado de mantenimiento. Para tener en cuenta estos parámetros, el caudal real se multiplicará por el siguiente "Factor medio ambiental":

FACTOR MEDIO AMBIENTAL			
Nivel del sistema de mantenimiento	Nivel de contaminación medio ambiental		
	BAJO	MEDIO	ALTO
<ul style="list-style-type: none"> • depósito con buena protección, respiraderos de aire eficientes • diversos actuadores, con muy buena protección de la contaminación • supervisión frecuente de las condiciones del filtro 	1,0	1,0	1,3
<ul style="list-style-type: none"> • depósito con protección, buenos respiraderos de aire • muchos actuadores, con buena protección de la contaminación • programación de la supervisión de las condiciones del filtro 	1,0	1,5	1,7
<ul style="list-style-type: none"> • depósito con poca protección • muchos actuadores con baja protección contra el ingreso de contaminantes • supervisión aleatoria de las condiciones del filtro 	1,3	2,0	2,3
	Por ejemplo: Sistema en una habitación climatizada	Por ejemplo: Sistema en un edificio industrial	Por ejemplo: Sistema en un medio hostil (fundición, máquinas de trabajar madera, máquinas móviles)

PÉRDIDA DE CARGA (Δp)

(según la ISO 3968)

Una vez se hayan indicado los recambios de los filtros y el caudal REAL, se elige el filtro mediante las "tablas de caudal real" indicadas en el catálogo. Los valores tabulados tienen en cuenta la pérdida de carga (Δp) cuando el fluido atraviesa el filtro, que no debe ser superior a un determinado valor.

A la práctica, la " Δp " (Δp cubierta del filtro + elemento filtrante) con el elemento filtrante limpio debe ser

- **3 kPa** (0,03 bar) máx para filtros de aspiración
- **35 ÷ 50 kPa** (0,35 ÷ 0,5 bar) máx para filtros de retorno
- **35 ÷ 50 kPa** (0,35 ÷ 0,5 bar) máx para filtros de presión < 11 MPa (110 b)
- **80 ÷ 120 kPa** (0,80 ÷ 1,2 bar) máx para filtros de presión > 11 MPa (110 b)

Cuanto más baja es la pérdida de carga inicial, mayor es la eficiencia del filtro y el elemento filtrante tendrá una vida útil más larga.

N. B. Los valores del caudal tabulados en el catálogo hacen referencia a aceites minerales con una determinada viscosidad "V" de 30 cSt y densidad "ps" = 0,9. Cuando se utilicen aceites con diferentes características a éstas se deberán aplicar los siguientes factores a los Δp_0 valores obtenidos en las curvas:

CARCASA DEL FILTRO: la pérdida de carga es directamente proporcional a la densidad del fluido "ps", es decir, en caso que usted tenga $ps_1 \neq 0,9$ $\longrightarrow \Delta p_1 = (\Delta p_0 \times ps_1) : 0,9$

ELEMENTO FILTRANTE: la pérdida de carga a través del elemento filtrante varía en función de la viscosidad del aceite, es decir, si usted tiene una viscosidad V_1 (cSt) diferente de cSt:

- para viscosidades ≤ 150 cSt $\longrightarrow \Delta p_1 = \Delta p_0 \times (V_1 : 30)$
- para viscosidades > 150 cSt $\longrightarrow \Delta p_1 = \Delta p_0 \times [V_1 : 30 + \sqrt{(V_1 : 30)}] : 2$

Algunos fluidos experimentan **problemas de filtrabilidad** (dificultad en pasar a través del material del elemento filtrante). En dichos casos cuando se diseñe el filtro se deberá considerar un **factor corrector**: este factor ha de ser verificado en el momento de su fabricación, especificando todas las características del fluido.

FILTRACIÓN (PRINCIPIOS BASICOS)

Control de contaminación en los sistemas hidráulicos

INDICADOR DE COLMATAJE

Durante el funcionamiento, la pérdida de carga a través del filtro aumenta mientras que el elemento se colmata, a causa del contaminante retenido.

El elemento filtrante debe remplazarse cuando se colmate, y en cualquier caso antes de que la pérdida diferencial de presión alcance el valor de tarado de la válvula de by-pass.

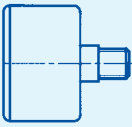

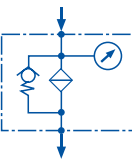
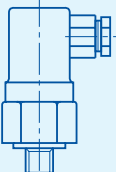
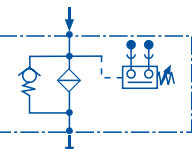
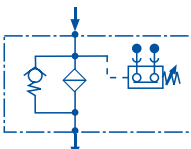
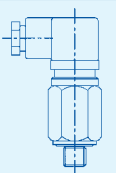
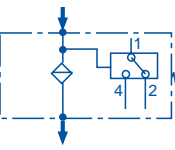

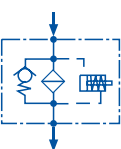
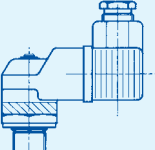
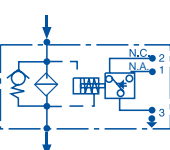
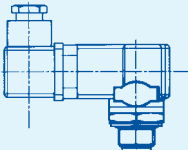
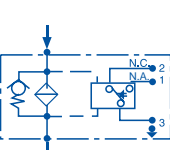
Por eso **es recomendable siempre usar un indicador de colmataje en el filtro (visual o eléctrico), y debe estar tarado a un valor inferior al determinado de la válvula de bypass**, para obtener una indicación del momento preciso en que se debe cambiar el filtro.

Para **filtros de retorno y baja presión** el indicador de colmataje es un **presostato** o un **manómetro** que mide la presión en la entrada del filtro.

En algunos filtros de retorno y en **los de alta presión**, el indicador de colmataje puede ser de tipo **diferencial**: mide la presión a la entrada y salida del filtro y activa una señal cuando el diferencial alcanza el valor determinado.

Para **filtros de aspiración** el indicador de colmataje es un **vacuostato** o un **vacuómetro** que mide la depresión en la salida del filtro.

Los filtros "**TANK CARE**" tienen de serie el alojamiento para el montaje del indicador; si el filtro se ha pedido sin indicador, el alojamiento se ciega con un tapón y el indicador se puede montar fácilmente en otro momento.

 <p>Serie 30, conexión posterior, para FRA - FRB - FRC FRF - FRH</p>	 <p>Serie 32, rosca inferior, para el tipo FRA</p>	 <p>MANÓMETRO (indicador visivo) escala 0 - 600 kPa (0 - 6 bar) Suministra una indicación visiva de la pérdida de carga a través del filtro ; El elemento filtrante debe ser substituido cuando la pérdida de carga en condiciones de servicio alcance los 150 kPa (1,5 bar).</p>
 <p>Serie 80, (contactos N.A.) & serie 81, (contactos N.C.) para FRA - FRB - FRC - FRH Serie 86 & 87 para FRB Serie 84 & 85 para FRF</p>	 	<p>PRESOSTATO (indicador eléctrico) Al alcanzar el valor prefijado se activa una señal eléctrica, indicando la necesidad de substituir el elemento filtrante.</p>
 <p>Serie P1 (contactos conmutados), para FRA-FRB-FRC-FRH Serie P6 (contactos conmutados), para el tipo FRB</p>		<p>PRESOSTATO (eléctrico) Al alcanzar el valor prefijado se activa una señal eléctrica, indicando la necesidad de substituir el elemento filtrante .</p>
 <p>Serie 50 & serie 51, para el tipo FRD - FRF</p>		<p>INDICADOR DIFERENCIAL (visivo) Mide la pérdida de carga a través del filtro y da una indicación visiva (señal del verde al rojo) al alcanzar la presión diferencial preestablecida para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante.</p>
 <p>Serie 70 & serie 71, para el tipo FRD - FRF</p>		<p>INDICADOR DIFERENCIAL (visivo-eléctrico) Mide la pérdida de carga a través del filtro y al alcanzar la presión diferencial preestablecida da una indicación visiva (señal que cambia de verde al rojo) y al mismo tiempo activa una señal eléctrica, para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante.</p>
 <p>Serie 60 - 61 & serie T0 - T1 para el tipo FRD - FRF</p>		<p>INDICADOR DIFERENCIAL (eléctrico) Mide la pérdida de carga a través del filtro, al alcanzar la presión diferencial preestablecida da una señal eléctrica , para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante. La serie T está dotada de un termostato, que limita la activación de la señal solo al alcanzar la temperatura de 30 °C, para evitar falsas alarmas en caso de puesta en marcha en frío.</p>

FILTRACIÓN (PRINCIPIOS BASICOS)

Control de contaminación en los sistemas hidráulicos

INDICADOR DE COLMATAJE

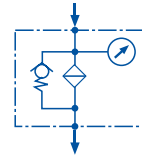
Todos los filtros "COMPO CARE" llevan de serie el alojamiento para el montaje del indicador; si el filtro se ha pedido sin indicador, el alojamiento se ciega con un tapón y el indicador puede ser montado posteriormente.



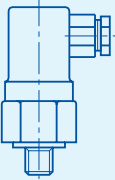
Serie 31,
conexión posterior,
para el tipo
FPE - FPH



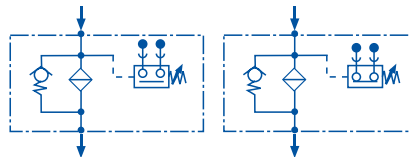
Serie 33,
rosca inferior




MANOMETRO (indicador visivo)
escala 0 - 1.200 kPa (0 - 12 bar)
Suministra una indicación óptica de la presión a la entrada del filtro; el elemento filtrante debe ser substituido cuando la presión leída supera los 150 kPa (1,5 bar) del valor de la presión medida con el elemento filtrante limpio.



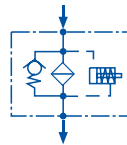
Serie 80, (contactos N.A.)
& serie 81, (contactos N.C.)
para el tipo
FPE - FPH



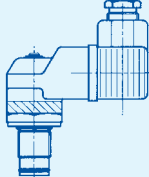
PRESOSTATO (indicador eléctrico)
Al alcanzar el valor prefijado de 150 kPa (1,5 bar) activa una señal eléctrica, para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante; la adopción de este indicador, está reservada a las aplicaciones donde la conexión de salida del filtro está directamente unida al depósito.



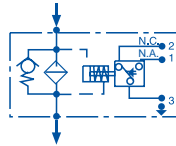
Serie 50,
para el tipo
FPE 3 & 4
Serie 52 & 53,
para el tipo
FPA - FPD
Serie K2 & K3,
para el tipo
FPB



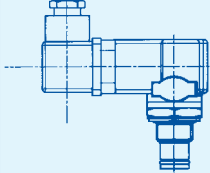
INDICADOR DIFERENCIAL (visivo)
Mide la pérdida de carga a través del filtro y da una señal óptica (señal que cambia de verde al rojo) al alcanzar la presión diferencial preestablecida, para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante.



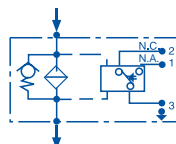
Serie 70,
para el tipo
FPE 3 & 4
Serie 72 & 73,
para el tipo
FPA - FPD - FPL - FPM
Serie Y2 & Y3,
para el tipo
FPB



INDICADOR DIFERENCIAL (óptico-eléctrico)
Mide la pérdida de carga a través del filtro y da una indicación visiva (señal que cambia de verde al rojo) al alcanzar la presión diferencial preestablecida y al mismo tiempo activa una señal eléctrica, para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante.

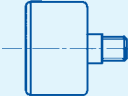


Serie 60 & T0
para el tipo
FPE3 & 4
Serie 62 - 63
& serie **T2 - T3**
para el tipo
FPA - FPD
FPL - FPM




INDICADOR DIFERENCIAL (eléctrico)
Mide la pérdida de carga a través del filtro, al alcanzar la presión diferencial preestablecida da una señal eléctrica, para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante. La serie T está dotada de un termostato, que limita la activación de la señal si el aceite no ha alcanzado la temperatura de 30 °C, para evitar falsas alarmas en caso de puesta en marcha en frío.

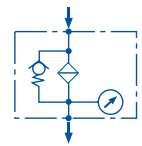
Los filtros "PUMP CARE" tienen de serie el alojamiento para el montaje del indicador; si el filtro se ha pedido sin indicador, el alojamiento se ciega con un tapón y el indicador se puede montar fácilmente en otro momento.




Serie 10,
conexión posterior,
para el tipo
FSC - FSE - FSF



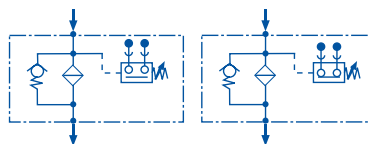
Serie 11,
rosca inferior,
para el tipo
FSD



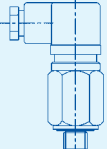
VACUOMETRO (indicador óptico)
escala 0 ÷ -100 kPa (0 ÷ -1 bar)
Da una indicación óptica de la pérdida de carga a través del filtro; El elemento filtrante debe ser substituido cuando la pérdida de carga en condiciones de servicio alcanza el valor de 30 kPa (0.3 bar).



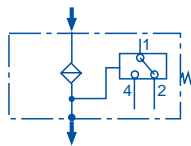
Serie 90, (contactos N.A.)
& serie 92, (contactos N.C.)
para el tipo
FSC - FSD - FSE - FSF



VACUOMETRO
(indicador eléctrico)
Al alcanzar el valor prefijado de 30 kPa (0.3 bar) se activa una señal eléctrica para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante.



Serie 91 e L1
(contactos conmutados),
para el tipo
FSC - FSD - FSE



VACUOMETRO
(indicador eléctrico)
Al alcanzar el valor prefijado de 30 kPa (0.3 bar) se activa una señal eléctrica para indicar la necesidad de substituir el elemento filtrante.

Los datos indicados están sujetos a variaciones sin previo aviso. PF - ES - 03/2005