



**XX CONGRESO IBEROAMERICANO
DE MANTENIMIENTO 2019**
**VIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
DE MANTENIMIENTO 2019**



La importancia de filtración de aceite en riñón o diálisis

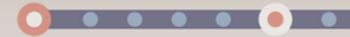
Discurso práctico de la contaminación y las
soluciones

Ing. Richard Widman

CEO Widman International SRL

Federación Iberoamericana
de Mantenimiento





Discurso práctico

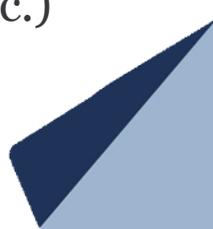
- En este congreso vemos muchas herramientas de programación y control de mantenimiento.
- Vemos sistemas de seguimiento, entrenamiento, etc.
- Aquí bajamos a un nivel práctico para ver cómo son las cosas y cómo podemos lograr buenas condiciones para programar o controlar.
- Aunque hay muchos puntos finos, aquí veremos una manera de extender la vida útil de los equipos, controlando desgaste por contaminación.





Contaminación del aceite

- Varios estudios y estimaciones concluyen que 70% a 85% de las fallas de maquinaria son causados por el uso de un lubricante inadecuado o contaminado.
- Contaminación es:
 - Polvo y agua que entran por los respiraderos, retenes, tapas sueltas, etc.
 - Aceite diferente rellenado por equivocación.
 - Tierra en baldes, embudos, bidones, etc. utilizados para rellenar.
 - Tierra en los picos de bombas.
 - Tierra y humedad que entra a los tambores en uso cuando dispensen aceite, o al calentar y enfriar.
 - Mezclas con otros fluidos (combustible, refrigerantes, etc.)



Contaminación

- La tradición y los fabricantes indican que debemos cambiar aceite después de ciertas horas de trabajo o condiciones del aceite.
- Frecuentemente los equipos vienen con respiraderos inadecuados para las condiciones de trabajo en la planta (polvo, humedad, etc.).



Contaminación

- Cuando se tranca el respiradero, el equipo respira por sus retenes.





Determinando la limpieza

Para determinar el grado de contaminación que tenemos, debemos tomar una muestra del aceite mientras el equipo esté funcionando.

- Esto debe ser tomado con mucho cuidado si queremos tener resultados legítimos.
- Estos resultados nos darán una visión de la efectividad de nuestro plan de mantenimiento y nos indicarán el camino a seguir con el aceite.
- No vale hacer una determinación visual, ya que solo podemos ver partículas sobre $40 \mu\text{m}$ con el ojo humano.



La clasificación del grado de contaminación

Hay tres sistemas de clasificación, aunque el ISO 4406:99 es más aceptado.

En aceites muy viscosos, a veces solo se muestra las partículas sobre $6 \mu\text{m}$.

Aquí vemos solo partículas sobre $6 \mu\text{m}$ y $14 \mu\text{m}$ para comparar con las escalas NAS 1638 y SAE 749.

BS 5540/4 ISO/DIS 4406 CODE	NAS 1638 CLASS	SAE 749 CLASS
11/8	2	—
12/9	3	0
13/10	4	1
14/9	—	—
14/11	5	2
15/9	—	—
15/10	—	—
15/12	6	3
16/10	—	—
16/11	—	—
16/13	7	4
17/11	—	—
17/14	8	5
18/12	—	—
18/13	—	—
18/15	9	6
19/13	—	—
19/16	10	—
20/13	—	—
20/17	11	—
21/14	—	—
21/18	12	—
22/15	—	—
22/17	—	—

Tabla ISO 4406:99

- Si se encuentra entre 80,000 y 160,000 partículas sobre $4 \mu\text{m}$, por ml, se clasifica como 24/xx/xx.
- Y si 30,000 de estos son sobre $6 \mu\text{m}$, se clasifica 24/22/xx.
- Y si 8,000 de estas partículas son sobre $14 \mu\text{m}$, terminamos con 24/22/20.

Código de Limpieza ISO 4406:1999

Código de Rango	Partículas por 1 ml de fluido	
	Más de	Hasta y incluyendo
24	80,000	160,000
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	1,300	2,500
17	640	1,300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	3	5
8	1	3
7	1	1
6	0	1

Comparación

Si te ofrezco una cerveza de 300 ml, limpia al 24/22/20:

¿Tomas?

- Sabiendo que tiene hasta 48 millones de partículas de tierra, metales, u otros contaminantes, invisibles al ojo humano.



Código de Limpieza ISO 4406:1999

Código de Rango	Partículas por 1 ml de fluido	
	Más de	Hasta y incluyendo
24	80,000	160,000
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	1,300	2,500
17	640	1,300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	3	5
8	1	3
7	1	1
6	0	1

La realidad

Podemos implementar sistemas de control, entrenamiento, seguimiento, etc., pero la realidad es que, en general, nuestro aceite está sucio.

Tenemos dos métodos de ver la contaminación:

- Conteo automático, en detalle, aunque burbujas pueden ser leídos como partículas.
- “Patch test” donde miramos las partículas en una membrana que filtra los contaminantes de un tamaño específico o más.

Seguidamente, veremos unos ejemplos típicos de conteo por contadores ópticos:





Valores típicos de contaminación

Dos sistemas durante tres años de servicio

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	19/17/13	17/14/11	19/17/14	22/20/16	22/21/17	22/22/18
> 4 Micron (particles/ml)	4142	1298	4714	23439	27706	34657
> 6 Micron (particles/ml)	877	137	1159	6196	17198	20117
> 14 Micron (particles/ml)	67	16	96	595	1264	1332
> 21 Micron (particles/ml)	19	5				
> 23 Micron (particle/ml)	15	3	19	88	97	207
> 38 Micron (particles/ml)	1	<1				
> 50 Micron (particles/ml)	<1	<1	<1	<1	6	14

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	24/19/14	24/20/15	23/19/16	24/22/16	23/22/16	24/23/19
> 4 Micron (particles/ml)	82007	87818	72988	80554	73461	106767
> 6 Micron (particles/ml)	2985	5127	3653	31386	35860	51370
> 14 Micron (particles/ml)	116	299	429	559	366	4229
> 21 Micron (particles/ml)	40	85				
> 23 Micron (particle/ml)	31	64	137	151	56	627
> 38 Micron (particles/ml)	4	3				
> 50 Micron (particles/ml)	1	1	3	10	3	39





Valores típicos de contaminación

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	21/18/15
> 4 Micron (particles/ml)	16068
> 6 Micron (particles/ml)	1946
> 14 Micron (particles/ml)	211
> 21 Micron (particles/ml)	68
> 23 Micron (particle/ml)	50
> 38 Micron (particles/ml)	5
> 50 Micron (particles/ml)	2

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	18/17/14
> 4 Micron (particles/ml)	2421
> 6 Micron (particles/ml)	795
> 14 Micron (particles/ml)	89
> 21 Micron (particles/ml)	22
> 23 Micron (particle/ml)	15
> 38 Micron (particles/ml)	<1
> 50 Micron (particles/ml)	<1

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	24/22/18
> 4 Micron (particles/ml)	127000
> 6 Micron (particles/ml)	31444
> 14 Micron (particles/ml)	2383
> 21 Micron (particles/ml)	826
> 23 Micron (particle/ml)	637
> 38 Micron (particles/ml)	59
> 50 Micron (particles/ml)	18





Valores típicos de contaminación

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	22/19/14	25/23/18
> 4 Micron (particles/ml)	32734	180567
> 6 Micron (particles/ml)	3243	61338
> 14 Micron (particles/ml)	117	2251
> 21 Micron (particles/ml)	33	
> 23 Micron (particle/ml)	21	373
> 38 Micron (particles/ml)	<1	
> 50 Micron (particles/ml)	<1	5

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	21/18/14	21/17/12	22/20/17
> 4 Micron (particles/ml)	16315	37093	32019
> 6 Micron (particles/ml)	1648	802	7906
> 14 Micron (particles/ml)	98	21	777
> 21 Micron (particles/ml)	29	8	
> 23 Micron (particle/ml)	23	6	173
> 38 Micron (particles/ml)	1	1	
> 50 Micron (particles/ml)	<1	<1	2





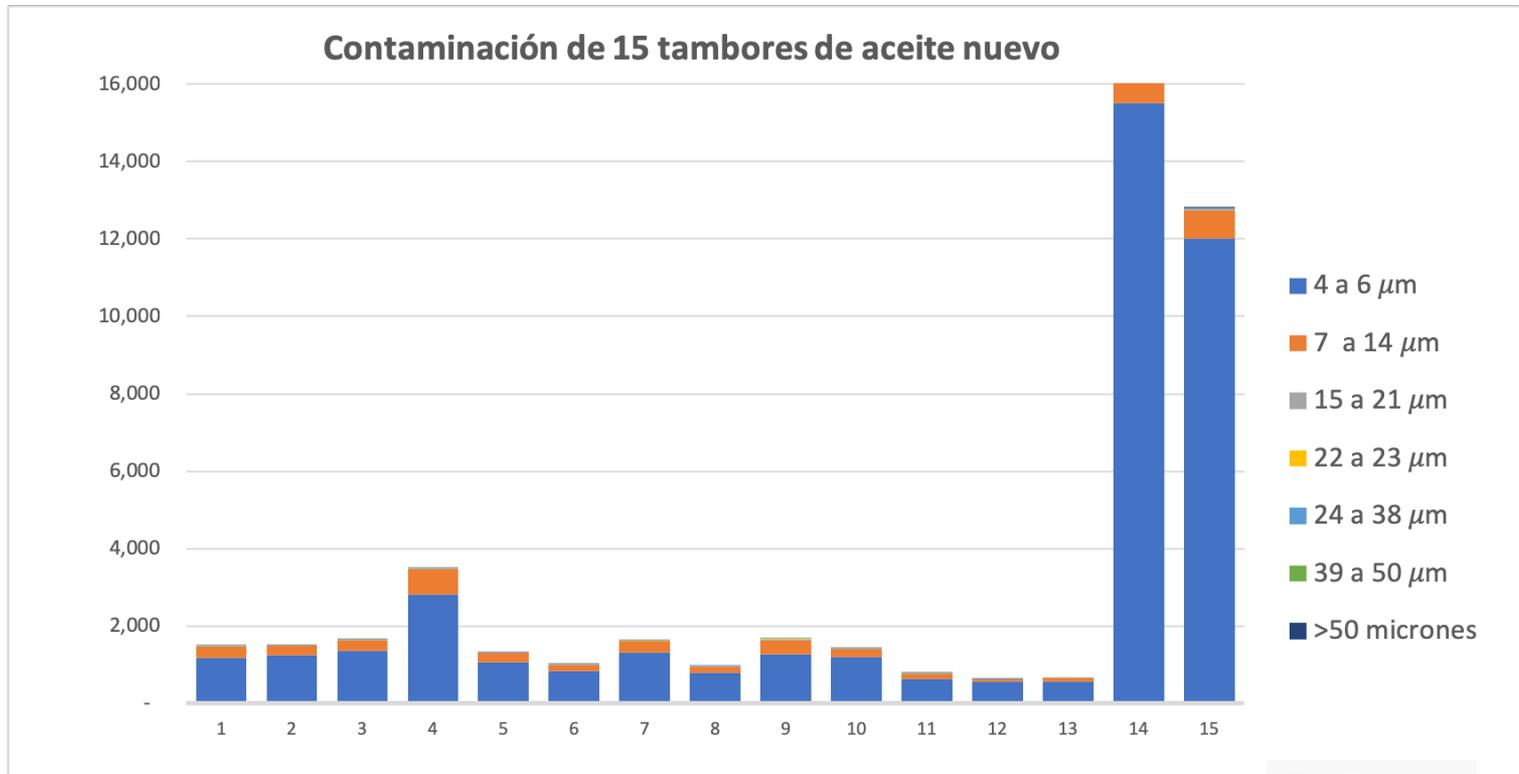
El Cambio de Aceite

- Tradicionalmente, drenamos lo que sale del aceite viejo, tal vez limpiamos el reservorio, y cargamos el aceite nuevo por baldes, bidones, etc.
- Dejamos envases abiertos o a la intemperie.
- Hay empresas que compran aceite “a granel” en envases de soda o refresco u otro liquido.
- A veces, se saca una bomba de un tambor para colocar en otro, mezclando los aceites.
- Asumimos que el aceite nuevo es limpio, y no consideramos la contaminación por el método de transportar y cargar el aceite.
- Pero, **¿Cómo es el aceite nuevo?**





El Aceite Nuevo



Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	16/13/9
> 4 Micron (particles/ml)	636
> 6 Micron (particles/ml)	78
> 14 Micron (particles/ml)	3
> 21 Micron (particles/ml)	1
> 23 Micron (particle/ml)	1
> 38 Micron (particles/ml)	<1
> 50 Micron (particles/ml)	<1

Turril 12

ISO 4406 Rating	16/13/9
> 4 Micron (particles/ml)	636
> 6 Micron (particles/ml)	78
> 14 Micron (particles/ml)	3
> 21 Micron (particles/ml)	1
> 23 Micron (particle/ml)	1
> 38 Micron (particles/ml)	<1
> 50 Micron (particles/ml)	<1

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	21/17/14
> 4 Micron (particles/ml)	16542
> 6 Micron (particles/ml)	1029
> 14 Micron (particles/ml)	83
> 21 Micron (particles/ml)	31
> 23 Micron (particle/ml)	24
> 38 Micron (particles/ml)	4
> 50 Micron (particles/ml)	3

Turril 14

ISO 4406 Rating	21/17/14
> 4 Micron (particles/ml)	16542
> 6 Micron (particles/ml)	1029
> 14 Micron (particles/ml)	83
> 21 Micron (particles/ml)	31
> 23 Micron (particle/ml)	24
> 38 Micron (particles/ml)	4
> 50 Micron (particles/ml)	3



Aceite filtrado

- Aceite nuevo (aceite virgen, aceite alfa, etc.) siempre debe ser filtrado al cargar al sistema. La fábrica o “*blender*” tiene un nivel de limpieza tanto del fluido como del envase y el OEM de la máquina exige más limpio.
- Para el óptimo servicio y vida útil, debe ser filtrado con un dializador o filtrador después de cargar para eliminar el residuo de partículas.
- Un equipo como este, con filtros de $4\ \mu\text{m}$ a Beta 2000, puede filtrar a 14/13/11 en la tabla ISO 4406:99 en un solo paso.





El dializador

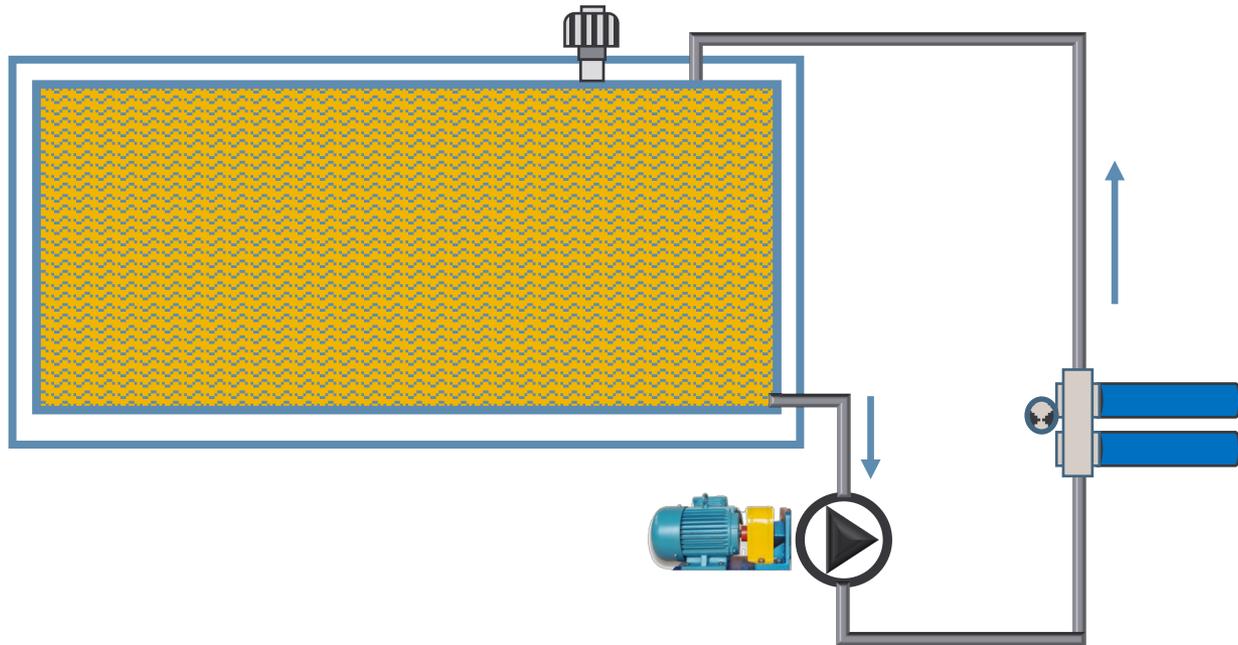
El dializador debe tomar el aceite del fondo del tanque o de la válvula de descarga, y devolverlo a la parte superior del mismo tanque, filtrando el volumen de aceite por lo menos 7 veces.

Ejemplo:

- Sistema de 1000 litros.
- Bomba de 30 litros por minuto.
- $1000 \times 7 =$ filtrar 7000 litros
- $7000/30 = 233$ minutos = 4 horas (+/-)

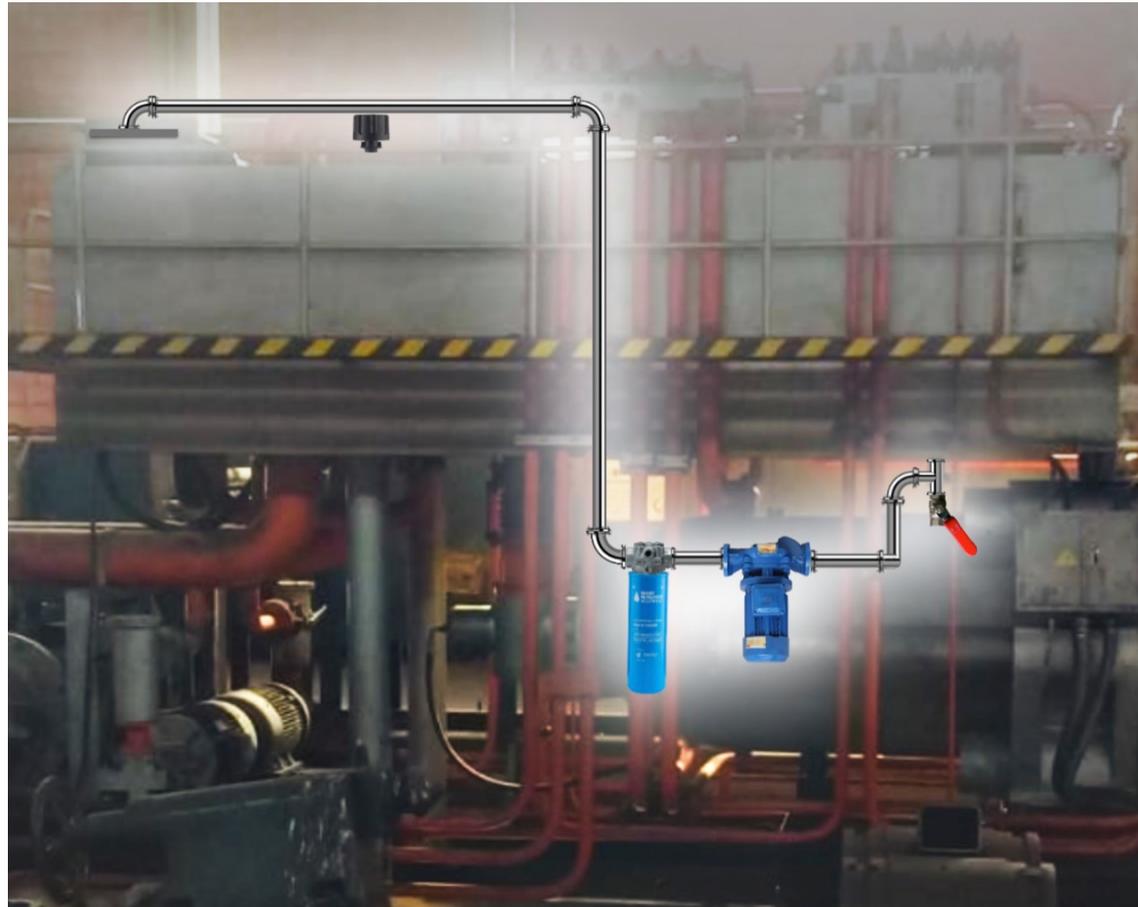


Sistema de riñón: off-line





Sistema de riñón



Sistema de riñón



Dos filtros en paralelo para alta capacidad o caudal

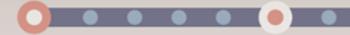
Ejemplo real

Sistema hidráulico de fundición de válvulas de bronce que contiene 5000 litros de aceite hidráulico altamente contaminado.

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	25/22/16
> 4 Micron (particles/ml)	171609
> 6 Micron (particles/ml)	35334
> 14 Micron (particles/ml)	420
> 21 Micron (particles/ml)	61
> 23 Micron (particle/ml)	38
> 38 Micron (particles/ml)	2
> 50 Micron (particles/ml)	1





Ejemplo real

Drenaron el aceite que podían del tanque, limpiaron el reservorio, y filtraron el aceite antes de colocar de vuelta con un filtro que retiene 99.95% de partículas sobre de 4 μm (Beta 2000).

Resultado:

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	14/13/11
> 4 Micron (particles/ml)	152
> 6 Micron (particles/ml)	62
> 14 Micron (particles/ml)	12
> 21 Micron (particles/ml)	
> 23 Micron (particle/ml)	
> 38 Micron (particles/ml)	
> 50 Micron (particles/ml)	

Muestra del aceite filtrado





Ejemplo real

El aceite filtrado fue colocado en el equipo, y circulado durante 5 horas de producción. El aceite analizado nuevamente demuestra la contaminación del sistema entero mezclando el filtrado con el residuo.

Conteo de Partículas

ISO 4406 Rating	24/22/15
> 4 Micron (particles/ml)	147728
> 6 Micron (particles/ml)	25924
> 14 Micron (particles/ml)	278
> 21 Micron (particles/ml)	44
> 23 Micron (particle/ml)	27
> 38 Micron (particles/ml)	1
> 50 Micron (particles/ml)	<1





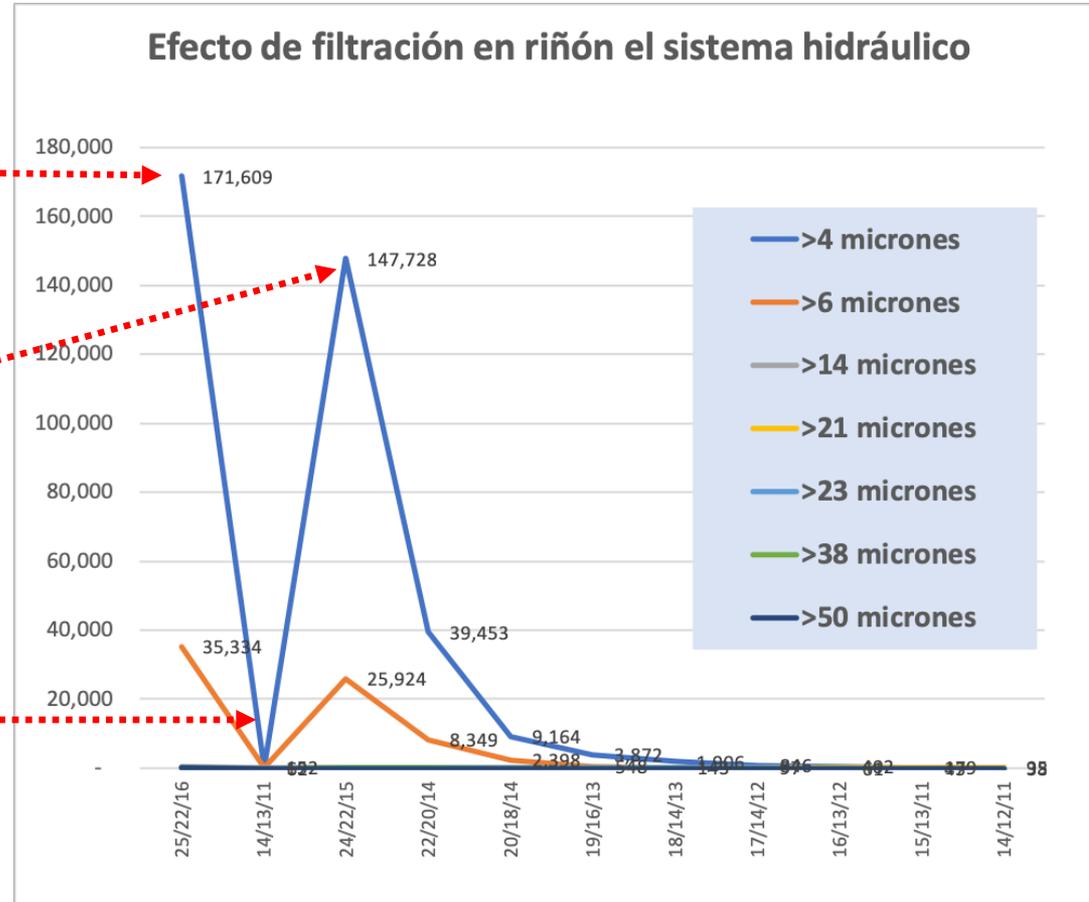
El efecto del proceso

Efecto de filtración en riñón el sistema hidráulico

Original
25/22/16

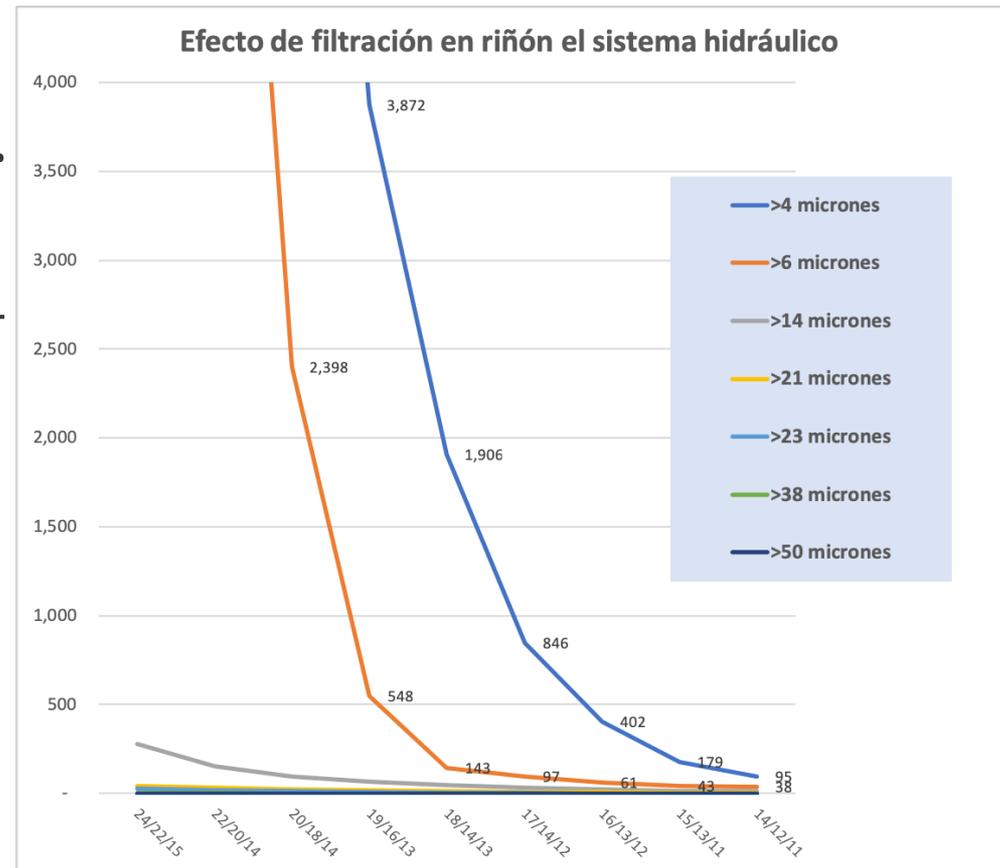
Mezclado en
sistema
24/22/15

Filtrado
14/13/11



Efecto del Riñón

La instalación de un riñón o filtrador off-line con la misma eficiencia (4 μm a Beta 2000), puede dar un resultado como esto en el tiempo.





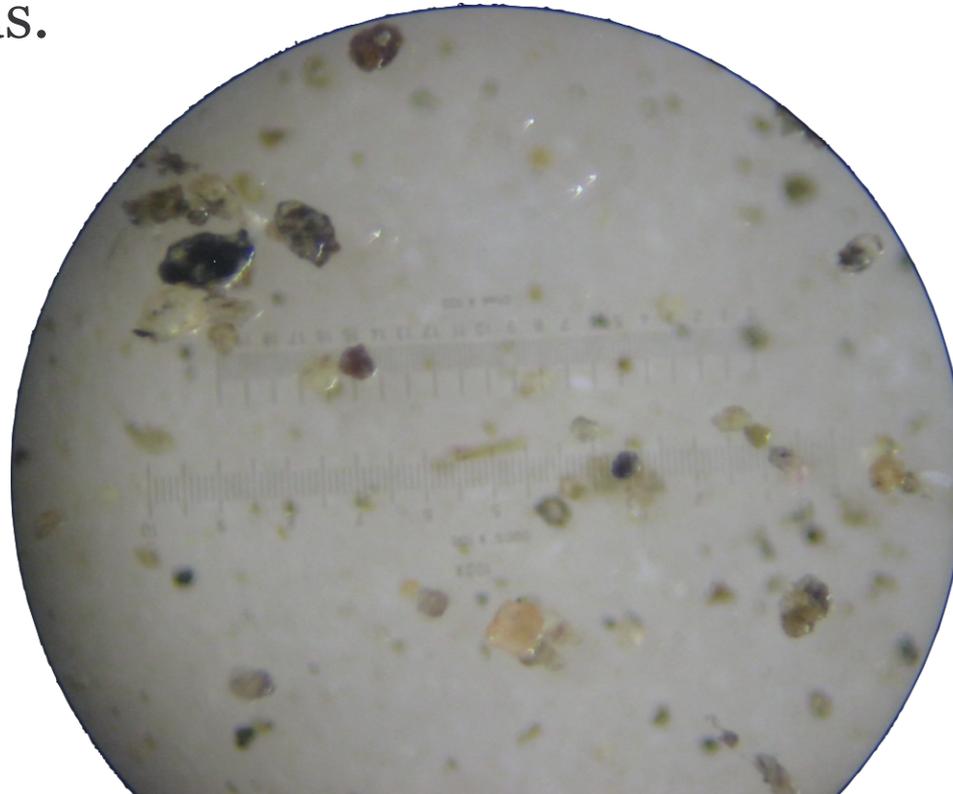
Consideraciones

- El gráfico muestra lo que pasa después del filtro.
- Para mantenimiento proactivo, las muestras deberían ser tomadas antes del filtro.
- Estas muestras serán afectadas por:
 - Contaminantes ingresadas con rellenos de aceite.
 - Material que desprende de los elementos sucios, ingreso de contaminantes del ambiente.
 - Desgaste de piezas.
- El conteo de partículas puede subir levemente después de cambiar filtros por el cambio de eficiencia.

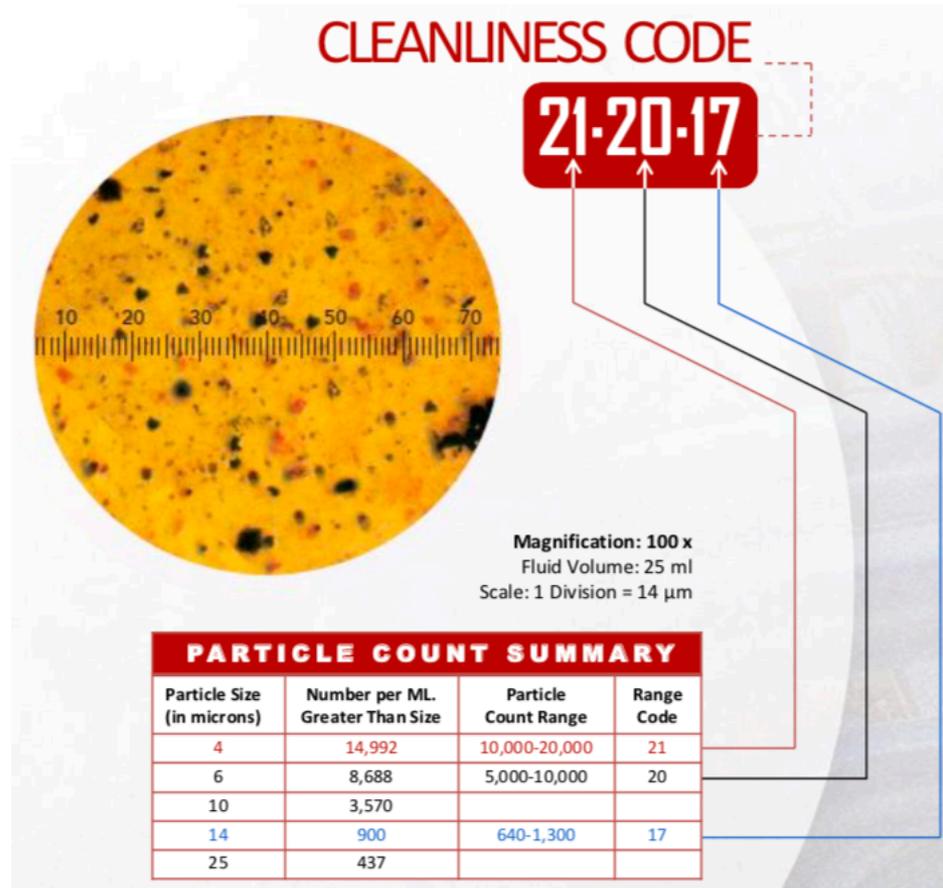


Lectura por el “patch test”

Al extraer 25 ml de aceite por una membrana, podemos mirar las partículas, medirlas, analizar su color, comparar con normas e identificar su limpieza y problemas.



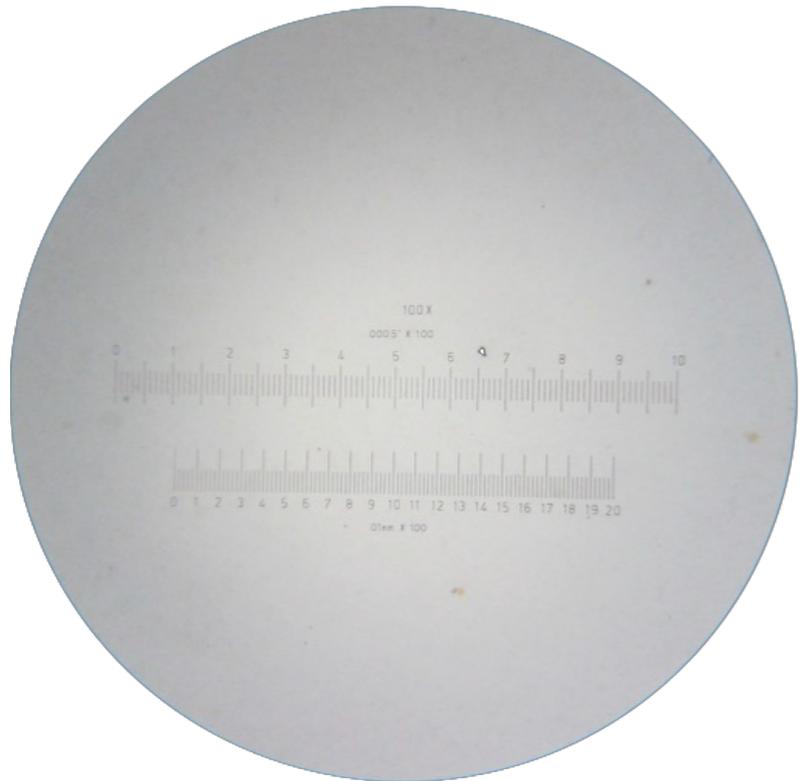
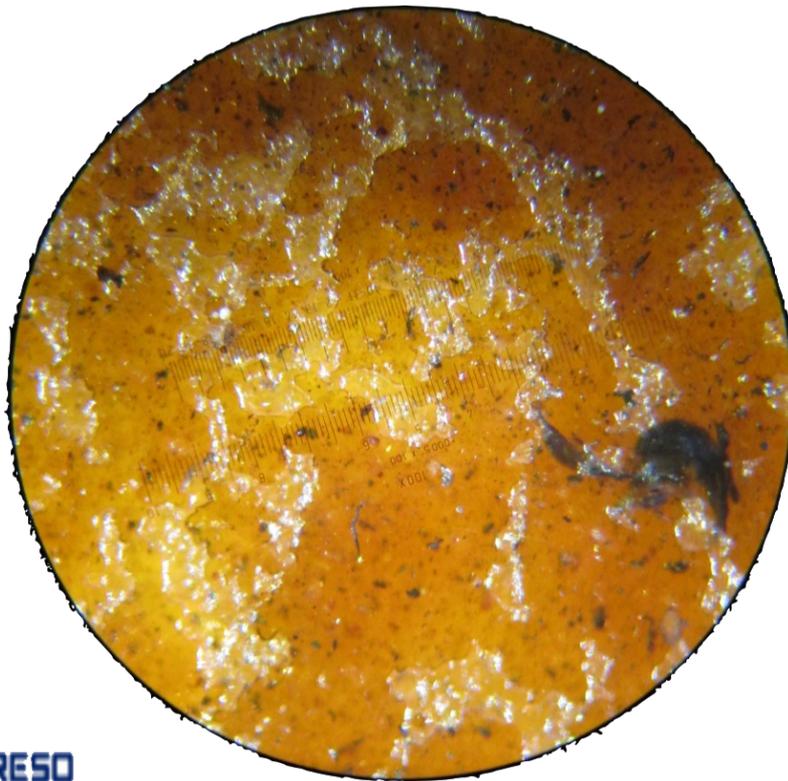
Patch test - ejemplo



Los resultados en Turbina

Antes

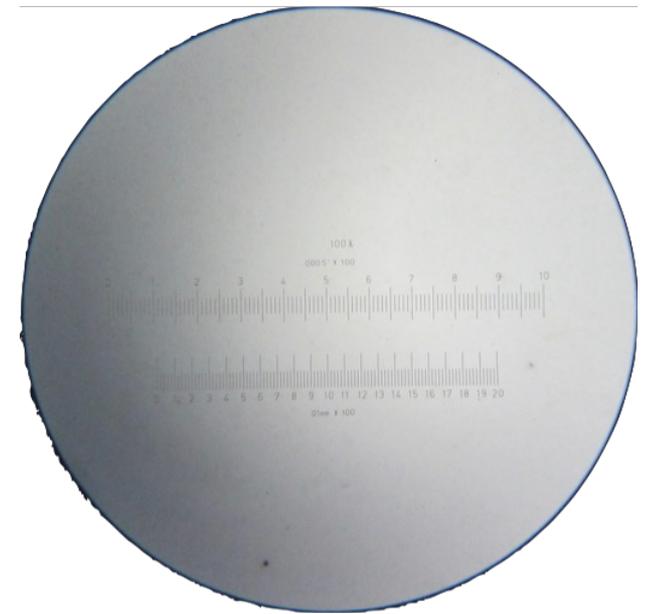
Después



Las partículas en hidráulico



Antes



Después

Tabla de recomendaciones

Esta tabla fue publicada por Vickers para una guía de recomendaciones de limpieza para equipo genérico.

BOMBAS			
Presión	<140 Bar	<210 Bar	>210 Bar
Engranaje fija	20/18/15	19/17/15	18/16/13
Aspas fijas	20/18/15	19/17/14	18/16/13
Pistones fijas	19/17/15	18/16/14	17/15/13
Aspas variables	19/17/15	18/16/14	17/15/13
Pistones variables	18/16/14	17/15/13	16/14/12
VÁLVULAS			
Presión	<210 Bar	>210 Bar	
Direccional (solenoid)	20/18/15	19/17/14	
Presión (modulado)	19/17/14	19/17/14	
Control de flujo (normal)	19/17/14	19/17/14	
Válvulas de retención	20/18/15	20/18/15	
Válvulas de cartucho	20/18/15	19/17/14	
Válvulas de rosca	18/16/13	17/15/12	
Válvulas de carga	20/18/15	19/17/14	
Válvulas direccional de medición de presión	18/16/14	17/15/13	
Controles remotos hidráulicos	18/16/13	17/15/12	
Proporcional Direccional (throttle)	18/16/13	17/15/12*	
Proporcional de Control de Presión	18/16/13	17/15/12*	
Proporcional Cartucho	18/16/13	17/15/12*	
Proporcional de rosca	18/16/13	17/15/12	
Servo Válvulas	16/14/11	15/13/10*	
ACTUADORES			
Presión	<140 BAR	<210 BAR	>210 BAR
Cilindros	20/18/15	20/18/15	20/18/15
Motores de aspas	20/18/15	19/17/14	18/16/13
Motores de pistones axiales	19/17/14	18/16/13	17/15/12
Motores de engranajes	21/19/17	20/18/15	19/17/14
Motores de pistones radiales	20/18/14	19/17/15	18/16/13
Motores tipo "Swashplate"	18/16/14	17/15/13	16/14/12
TRANSMISIONES HIDROSTATICAS			
Presión	<140 Bar	<210 Bar	>210 Bar
Transmisiones Hidrostaticas	17/15/13	16/14/12*	16/14/11*
FLUIDOS EN RECIRCULACION			
COJINETES/RODAMIENTOS			
Rodamientos de bola	15/13/11*		
Rodamientos de rodillos	16/14/12*		
Cojinetes de bronce (alta velocidad) >400 rpm	17/15/13		
Cojinetes de bronce (baja velocidad) <400 rpm	18/16/14		
Reductores industriales en general	17/15/13		

*Requiere muestreo preciso para garantizar limpieza
Esta tabla es la recomendación de Vickers, normalmente reconocido por la industria como



Beneficios de aceite limpio

A veces el fabricante del equipo (OEM) indica el límite condinatorio para la contaminación del aceite.

Las siguientes tablas son indicadores generalmente aceptados por la industria y disponible en varios sitios del internet.

- Muestran cuanto se puede aumentar la vida útil por reducir la contaminación.





Beneficio para reductores

Aumento de vida útil hasta 7 veces con una mejora de 7 números desde xx/26/23

Final	*/20/17	*/19/16	*/18/15	*/17/14	*/16/13	*/15/12	*/14/11
Initial							
*/26/23	X 2.5	X3	X 3.5	X4	X5	X 6.5	X7
*/24/21	X 1.5	X2	X 2.5	X3	X4	X5	X6
*/22/19	X 1.1	X 1.3	X 1.7	X2	X2.5	X3	X 3.5
*/20/17	--	X 1.05	X 1.3	X 1.4	X 1.7	X2	X 2.5
*/19/16	--	--	X 1.1	X 1.3	X 1.5	X 1.7	X2





Beneficio para sistemas hidráulicos

Aumento de vida útil hasta 10 veces con una mejora de 7 números desde xx/26/23.

Final	*/20/17	*/19/16	*/18/15	*/17/14	*/16/13	*/15/12	*/14/11
Initial							
*/26/23	X5	X7	X9	X > 10	X > 10	X > 10	X > 10
*/24/21	X3	X4	X6	X7	X9	X > 10	X > 10
*/22/19	X 1.6	X2	X3	X4	X5	X7	X8
*/20/17	--	X 1.3	X 1.6	X2	X3	X4	X5
*/19/16	--	--	X 1.3	X 1.6	X2	X3	X4





Beneficios

- Los aceites hidráulicos pueden durar 10 veces más, si se mantienen limpios y son de buena calidad.
- Vida útil del equipo multiplicado.
- Mejora de disponibilidad.
- Mejora de productividad.
- Ahorro de dinero.





Algo para pensar

10,000 horas.

22,000 mil horas

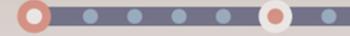
Dos turbinas
a vapor

Cero
desgaste

Metales (ppm)	
Hierro (Fe)	<1
Crómo (Cr)	<1
Plomo (Pb)	<1
Cobre (Cu)	<1
Estaño (Sn)	<1
Aluminio (Al)	<1
Niquel (Ni)	<1
Plata (Ag)	<1
Titanio (Ti)	<1
Vanadio (V)	<1
Pruebas Físicas	
Viscosidad (cSt 40C)	44.2
sólidos	<0.1
Contaminantes (ppm)	
Silicio	<1
Sodio (Na)	<1
Potasio (K)	<1
Aditivos (ppm)	
Magnesio (Mg)	<1
Calcio (Ca)	2
Bario (Ba)	<1
Fósforo (P)	108
Zinc (Zn)	92
Molibdeno (Mo)	<1
Boro (B)	<5
Contaminantes	
Agua (%)	<0.05
Pruebas Físicas / Químicas	
Número de Ácido (mgKOH/g)	0.46
Oxidación (Abs)	2
Conteo de Partículas	
ISO 4406 Rating	15/12/7
> 4 Micron (particles/ml)	242
> 6 Micron (particles/ml)	24
> 14 Micron (particles/ml)	<1
> 21 Micron (particles/ml)	<1
> 23 Micron (particula/ml)	<1
> 38 Micron (particles/ml)	<1
> 50 Micron (particles/ml)	<1

Metales (ppm)	
Hierro (Fe)	<1
Crómo (Cr)	<1
Plomo (Pb)	<1
Cobre (Cu)	<1
Estaño (Sn)	<1
Aluminio (Al)	<1
Niquel (Ni)	<1
Plata (Ag)	<1
Titanio (Ti)	<1
Vanadio (V)	<1
Pruebas Físicas	
Viscosidad (cSt 40C)	43.9
sólidos	<0.1
Contaminantes (ppm)	
Silicio	2
Sodio (Na)	<1
Potasio (K)	<1
Aditivos (ppm)	
Magnesio (Mg)	<1
Calcio (Ca)	4
Bario (Ba)	<1
Fósforo (P)	102
Zinc (Zn)	68
Molibdeno (Mo)	<1
Boro (B)	<5
Contaminantes	
Agua (%)	<0.05
Pruebas Físicas / Químicas	
Número de Ácido (mgKOH/g)	0.14
Oxidación (Abs)	2
Conteo de Partículas	
ISO 4406 Rating	14/12/8
> 4 Micron (particles/ml)	120
> 6 Micron (particles/ml)	20
> 14 Micron (particles/ml)	2
> 21 Micron (particles/ml)	1
> 23 Micron (particula/ml)	<1
> 38 Micron (particles/ml)	<1
> 50 Micron (particles/ml)	<1





¿Preguntas?

Richard L. Widman
CEO Widman International SRL
Bolivia

www.widman.biz

