

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



DISEÑO DE UN EQUIPO PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE FLUIDOS HIDRÁULICOS

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

DIETER PALOMINO CRUZ

PROMOCIÓN 2007-I

LIMA-PERÚ

2012

Dedico el presente informe a mis padres, hermanos, profesores y amigos que sin su ayuda no hubiera sido posible el término del presente trabajo.

Tabla de contenido

PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO I.....	4
INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA	4
1.2. OBJETIVOS	5
1.3. ALCANCES	5
1.4. LIMITACIONES.....	6
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPITULO II.....	7
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	7
2.1. TRIBOLOGÍA.....	7
2.2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE FLUIDOS HIDRÁULICOS	7
2.3. FUNCIÓN DE LOS FLUIDOS HIDRÁULICOS.	8
2.3.1. Parámetros de funcionamiento.....	9
2.4. VISCOSIDAD	9
2.5. REFERENCIA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN NORMA ISO 6743/4 ...	12
2.6. CONTAMINACIÓN.....	14
2.7. CONTEO DE PARTÍCULAS COMO MEDIDA DE LA CONTAMINACIÓN.....	20
2.7.1. Contadores ópticos automáticos por bloqueo de la luz blanca.....	20
2.7.2. Contadores ópticos automáticos por dispersión de luz laser.	21
2.7.3. Contadores por bloqueo de poro	23
2.7.4. Contadores por análisis de imagen.	24
2.8. CÓDIGOS DE NIVELES DE LIMPIEZA.	25
2.8.1. ISO 4406:1999.....	25
2.8.2. NAS 1638.....	28
2.9. RANGO DE FILTRACIÓN BETA(β_x).....	28
2.10. GRADOS DE LIMPIEZA RECOMENDADOS.....	31
2.11. ENSAYO POR CONTEO DE PARTÍCULAS: MULTIPASS TEST ISO 1688935	
2.12. EQUIPO HIAC8000.....	37

2.13. Prensa hidráulica	39
2.13.1. Cálculo de la relación de fuerza	40
CAPITULO III	43
EQUIPO PARA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN	43
3.1. COMPONENTES DEL EQUIPO	44
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR ICOUNT PD.....	45
3.3. CONEXIÓN HIDRÁULICA	49
3.4. CONEXIÓN ELÉCTRICA	51
3.5. PLANOS.....	57
3.6. MODO DE EMPLEO	60
3.7. DIAGRAMA GANTT	62
3.8. CONSISTENCIA DE RESULTADOS	65
CAPITULO IV.....	69
ESTUDIO ECONÓMICO.....	69
4.1. INTRODUCCIÓN.....	69
4.2. ESTUDIO DE MERCADO	70
4.3. PRESUPUESTO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO	72
4.3.1. Presupuesto para componentes hidráulicos	72
4.3.2. Presupuesto para componentes electrónicos.....	73
4.3.3. Presupuesto para ensamble y presentación	74
4.4. FLUJO DE CAJA	75
4.5. VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) 78	
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	80
BIBLIOGRAFIA.....	81
PLANOS.....	82
ANEXOS	88
Especificaciones técnicas del sensor Icount PD	88
Dimensiones para la instalación del equipo Icount PD.....	89
Cotización de sensores: Icount PD y system200	89

PRÓLOGO

La contaminación en los sistemas hidráulicos y lubricantes es reconocida como uno de los factores más importantes en la reducción del tiempo de vida de los sistemas hidráulicos y por ende de los equipo, es decir, es una de las principales causas de falla en los sistemas hidráulicos. Cualquier aumento de la contaminación tiene un mayor impacto en costos de mantenimiento así como en el valor de la producción no producida por la máquina. Las fallas de los sistemas hidráulicos son, la mayoría de las veces, inducidos por una cantidad excesiva de contaminación. Dichas fallas cuestan a la industria miles de millones de dólares por año.

Comúnmente los usuarios hacen uso del fluido hidráulico más allá del número de horas recomendado por el fabricante, esto en base a su "experiencia", con solo "ver" el color, y su olor, sin tomar en cuenta otros factores como: zona de trabajo, tiempo de los filtros, frecuencia de uso, etc.

Como demuestra el estudio realizado por Rabinowicz, en la práctica, entre el 70% y el 80% de las fallas de funcionamiento en los sistemas hidráulicos son

atribuibles al mal estado de los fluidos hidráulicos. Estas afirmaciones están respaldadas por las investigaciones llevadas a cabo, a principios de los años 70, por el Instituto de Energía de Massachusetts, y fueron confirmadas posteriormente por un exhaustivo estudio de la Asociación Británica de Investigación Hidromecánica. Este estudio, examinó las causas de fallo de 100 sistemas hidráulicos diferentes, mostrando que los contaminantes sólidos eran los responsables de aproximadamente el 50% de las fallas.

Con este informe se busca brindar un aporte para el ahorro en mantenimiento y, al mismo tiempo, disminuir las fallas en los sistemas hidráulicos que repercuten en falla de los equipos y/o parada de máquina.

En el Capítulo I se presentan los antecedentes, la justificación, el objetivo, alcances y las limitaciones del equipo diseñado para el mantenimiento predictivo de fluidos hidráulicos.

En el Capítulo II se describe en forma breve el fundamento teórico, centrándonos en el estudio de los fluidos hidráulicos, el conteo de partículas, la aplicación de la Norma ISO4406:1999. También se muestra algunos parámetros recomendados por los fabricantes de componentes de sistemas hidráulicos en código ISO4406:1999.

En el Capítulo III, se selecciona el sensor, componentes necesarios y se muestra un primer diseño del equipo. Se dan las características del sensor, se muestra el diagrama de Gantt para la construcción del equipo y se muestra el formato para reporte de los resultados de los análisis del fluido hidráulico.

En el Capítulo IV se presenta el estudio de mercado, costo de la implementación del equipo, el flujo de caja en base al estudio de mercado, los valores VAN y TIR a 5 y 10 años proyectados por los servicios de análisis de fluido hidráulico.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA

Por regla general los fluidos hidráulicos se cambian solo cuando se tiene un cierto número de horas, cuando el color del fluido hidráulico se torna en colores oscuros, o cuando presenta signos de degradación, es aquí donde el encargado del mantenimiento decide si cambia el fluido, le adiciona aditivos o solo lo “filtra”, es decir, pasar el fluido hidráulico por un sistema de filtración, esto último suele realizarse sin tener cuidado el tamaño de poro del medio filtrante del filtro.

Los usuarios por desconocimiento muchas veces ignoran que los principales indicadores de contaminación son: la cantidad y tamaño de las partículas presente en el fluido hidráulico, aun cuando dicho fluido pareciera limpio y transparente este presenta partículas que a simple vista e incluyendo un microscopio corriente, no son detectables. Estas partículas son las causantes directas del desgaste del sistema hidráulico y por ende de la falla y/o parada de la máquina.

Es por esto que mantener los fluidos hidráulicos en condiciones de trabajo aceptables, reduce en forma importante las fallas en los sistemas hidráulicos. En los sistemas hidráulicos existe una estrecha relación entre la aplicación del filtro y su mantenimiento, se considera que más de un 70 % de las averías en los sistemas hidráulicos y de lubricación están producidas por la contaminación.

Para prevenir la contaminación en los sistemas hidráulicos y alcanzar los niveles de limpieza requeridos es necesario realizar un monitoreo constante del nivel de contaminación en línea de los fluidos hidráulicos, esto aún cuando se tenga instalado filtros en dichos sistemas.

1.2. OBJETIVOS

El presente informe tiene por objetivos:

- Integración de un equipo para el conteo de forma continua de tamaño de partículas de fluidos hidráulicos
- Validar los resultados de los ensayos de tamaño de partícula para 6 máquinas hidráulicas.

1.3. ALCANCES

El presente informe tiene por alcance:

- Se usará el sensor lcount PD utilizando su tarjeta de control con programación incorporada.
- La fabricación de los componentes es de forma local
- Para las máquinas hidráulicas se toman prensas hidráulicas, 1 de 100Tn y 5 prensas de 80Tn. Dichas prensas son de procedencia argentina.
- Se utilizará como referencia el equipo HIAC8000 para la contrastación de

los mismos.

1.4. LIMITACIONES

El equipo está diseñado para ser empleado en:

- Fluidos hidráulicos traslucidos
- La lectura máxima proporcionada por el equipo en código ISO es ISO 22, para los tamaños de partículas de 4, 6 y 14 micras.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El equipo se justifica por:

- El ahorro, por el empleo de mantenimiento predictivo que evita la ejecución del mantenimiento correctivos por fallas.
- El ahorro por costos de falla del sistema hidráulico y/o parada de máquina que afecta a la producción.
- Prolongación de la vida útil de los sistemas hidráulicos que emplean fluidos claros, por el correcto de filtros y tamaño de poro de los medios filtrantes.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. TRIBOLOGÍA

Es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación que tienen lugar durante el contacto entre superficies sólidas en movimiento.

Las tareas del especialista en tribología son las de reducir la fricción y desgaste para conservar y reducir energía, lograr movimientos más rápidos y precisos, incrementar la productividad y reducir el mantenimiento.

2.2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE FLUIDOS HIDRÁULICOS

Un fluido hidráulico es un lubricante que además de utilizarse para reducir el rozamiento entre piezas y mecanismos en movimiento se usa para transmitir potencia en circuitos hidráulicos desde valores muy bajos a valores muy altos, además tienen la capacidad de sellar tolerancias y enfriar o disipar el calor.

El circuito hidráulico se cuenta como componentes básicos de una bomba, encargada de convertir al energía mecánica en energía hidráulica e inferir al fluido de un caudal presión hacia los actuadores que pueden ser lineales (cilíndricos) ó rotativos (motores) que tiene la misión de convertir la energía hidráulica en energía mecánica.

Ventajas del empleo de fluidos hidráulicos:

- a. Velocidad variable, actuando sobre el caudal
- b. Reversibilidad
- c. Protección a las sobrecargas

2.3. FUNCIÓN DE LOS FLUIDOS HIDRÁULICOS.

En general, un fluido hidráulico tiene 4 funciones primarias:

1. Transmitir energía: a este fin todos los fluidos serían válidos (excepto los gases por ser compresibles), siempre que su viscosidad sea la adecuada a la aplicación.

Una resistencia excesiva a su circulación produciría considerables pérdidas de carga y consiguientemente un incremento en la potencia necesaria para el funcionamiento del equipo.

2. Lubricar las partes en movimiento: La lubricación es la capacidad del fluido de formar una película sobre las superficies, y hacer que esta película facilite el desplazamiento de esta superficie sobre otras, evitando en lo posible el contacto directo entre estas y el desgaste por rozamiento.

La lubricación puede ser:

a) *Hidrostática:* es aquella en que se presuriza el fluido para separar las superficies en movimiento, creando un cojín hidrostático entre ellas.

b) *Hidrodinámica:* en este caso la película de fluido separa a las superficies por la presión generada por el movimiento (fuerza centrífuga) del mismo.

c) *Untuosa:* cuando el fluido es capaz de mantenerse en contacto con las superficies sin necesidad de fuerzas externas.

d) *Extrema presión:* cuando el fluido es capaz de mantener la lubricación en aquellos casos en que hay contacto de los micros crestas de las superficies.

3. Disipar calor (refrigerar): El fluido debe ser capaz de absorber el calor generado

en determinados puntos del sistema para luego liberarlo al ambiente a través del depósito, manteniendo estable la temperatura del conjunto durante el normal funcionamiento del equipo.

4. Sellar los espacios libres entre elementos: Por ejemplo, el fluido hidráulico debe ubicarse entre los espacios existentes dentro del sistema cilindro-émbolo o pistón.

2.3.1. Parámetros de funcionamiento

Los principales parámetros que habrá que tener en cuenta en un circuito hidráulico en los que respecta a su funcionamiento serán:

1. Temperatura de funcionamiento: Influye en las propiedades físico químicas del fluido
2. Viscosidad, esta afecta a la propiedad de fricción del fluido, al funcionamiento de la bomba, cavitación, consumo de energía y capacidad de control del sistema
3. Compatibilidad, el fluido tiene que ser compatible con las juntas de cierre y metales, así como ejercer una real protección contra la corrosión de los metales, siendo el cobre uno de los más importantes por actuar como catalizador.
4. Velocidad de respuesta, de ella depende la precisión de los movimientos de los mecanismos incluidos en el equipo. Depende de la viscosidad y de sus características de incompresibilidad.

2.4. VISCOSIDAD

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, es decir es la resistencia a fluir o la medida del rozamiento interno de

sus moléculas. Se puede definir como su resistencia a fluir.

La viscosidad de un fluido depende de la presión y de la temperatura, al aumentarla temperatura disminuye la viscosidad, al aumentar la presión aumenta la viscosidad. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. No debemos confundir el término de untuosidad ó densidad con viscosidad, la untuosidad es la adherencia de las partículas a las superficies metálicas, incluso en posición vertical, debido a la untuosidad, las superficies metálicas permanecen con una capa fina de lubricante incluso tras largo tiempo. La densidad es al peso de una materia en relación al volumen que ocupa.

Medidas de la viscosidad

- **Coefficiente de viscosidad dinámica o absoluta,**

En el sistema SI esta dado en unidades de:

$$\text{Pascal-segundo}[\mu] = [\text{Pa}\cdot\text{s}] = [\text{Kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}]$$

En el sistema CGSsu unidad es:

$$\text{Poise [P]} = 100 \text{ centipoise [cP]} = 1\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}) = 0.1 [\text{Pa}\cdot\text{s}]$$

Donde Pa: Pascal, s: Segundo, Kg: Kilogramo, s: segundo

- **Coefficiente de viscosidad cinemática,** se obtiene como cociente de la viscosidad dinámica entre su densidad ($\nu = \mu/\rho$)

En el sistema SI su unidad es (m^2/s). En el sistema CGS es el Stokes(S o St)

$$1 \text{ stoke} = 100 \text{ centistokes (cS o cSt)} = 1 \text{ cm}^2/\text{s} = 0,0001 \text{ m}^2/\text{s}$$

A estos coeficientes, debemos agregar el índice de viscosidad, que es la medida de la variación de la viscosidad con la temperatura. A mayor índice de viscosidad, mayor resistencia del fluido a variar su viscosidad con la temperatura. El índice de viscosidad se mejora con los aditivos

mejoradores del índice de viscosidad.

El tabla 2.1 muestra la ventaja y desventaja cuando se escoge un aceite con más alta o más baja viscosidad de la especificada por el fabricante.

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas de alta y baja viscosidad

	Ítem	Viscosidad alta	Viscosidad baja
VENTAJA	1	Mejor lubricación	Menores pérdidas de carga
	2	Lubricante más estable	Mejor arranque en frío
	3	Mejor respuesta dinámica	Menor fricción interna
	4	Transmite mayor potencia	Ausencia de cavitación
DESVENTAJA	1	Respuestas lentas	Mayores fugas internas
	2	Cavitación en bombas	Menor potencia transmitida
	3	Problemas de frío	Baja lubricación
	4	Mayores pérdidas de carga en el circuito	
	5	Mayor fricción interna	

Fuente: Manual técnico de aceites GULF

Como vemos sería ideal que la viscosidad del circuito se mantuviera constante porque de esa manera la característica inicial del fluido garantizaría un funcionamiento homogéneo del sistema. Las viscosidades en los aceites hidráulicos están normadas por la escala ISO de viscosidades.

Adicionalmente a lo mencionado, un aceite hidráulico presenta las siguientes características

- Alto índice de viscosidad, el índice de viscosidad es la medida de la variación de la viscosidad con la temperatura, mientras más cercano su valor a 100 menor será la variación de la viscosidad frente a la variación de

temperatura

- Estabilidad frente al cizallamiento
- Buena des aireación
- Propiedades anti espuma
- Evitar oxidación.
- No debe emulsionarse.
- Debe evitar la picadura.
- Evitar formación de gomosidades.
- Debe evitar la picadura.

2.5. REFERENCIA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN NORMA ISO 6743/4

La clasificación ISO - 67431/4 es la más extendida para la clasificación de los fluidos hidráulicos, la tabla 2.2 muestra la clasificación de los fluidos según la norma. La escala ISO aprovecha el valor de la viscosidad del fluido hidráulico a la temperatura de 40°C para su denominación. Adicionalmente la clasificación SAE se usa para los aceites de motor y engranajes.

COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES	SÍMBOLO ISO-L
Aceite mineral sin aditivos	HH
Aceite mineral con aditivos antioxidantes y anticorrosivos	HL
Aceite tipo HL con mejoradores de desgaste	HM
Aceite tipo HL con mejorador de índice de viscosidad	HR
aceite tipo HM con mejorador de Índice de viscosidad	HV
Fluido sintético sin propiedades de resistencia al fuego	HS
Aceite tipo HM con aditivos anti stick-slip	HG
Emulsiones de aceite en agua	HFAE
Soluciones químicas en agua	HFAS
Emulsiones de agua en aceite	HFB
Soluciones de polímeros en agua	HFC
Fluido sintético sin agua, basado en ésteres fosfóricos	HFDR
Fluido sintético sin agua, basado en hidrocarburos clorados	HFDS
Fluido sintético sin agua, basado en mezclas HFDR y HFDS	HFDT
Fluido sintético si agua, basado en otros tipos de compuestos	HFDU

Fuente: Mecánica de Fluidos II - U. Centroamericana José Simeón Cañas

Dentro de cada una de las distintas clasificaciones mencionadas, los fluidos vendrán definidos en su aplicación por la viscosidad medido en escala ISO.

La tabla 2.3 muestra las compatibilidades entre los tipos de fluidos hidráulicos, juntas, metales, tipo de lubricación, toxicidad, inflamabilidad, temperatura máxima y densidad relativa.

Tabla 2.3 Compatibilidad entre fluidos hidráulicos y juntas, metales, lubricación, otros

	ACEITE MINERAL	AGUA GLICOL	EMULSIÓN AGUA-ACEITE	ESTER-FOSFATO	ESTERES ORGÁNICOS	HIDROCARBUROS	
JUNTAS COMPATIBLES	vitón	buna-s y n	buna-s y n	vitón	neopreno	vitón	
	Polisulfido	nitrilo	Nitrilo	butilo	buna-n	silicona	
	Nitrilo	neopreno	neopreno	silicona	vitón	teflón	
	neopreno	butil-vitón	Polisulfido	p. t. f. e.	silicona		
	buna-n	goma natural	vitón	nylon			
JUNTAS INCOMPATIBLES	goma natural	Polisulfido	goma natural	neopreno	butilo	neopreno	
	butilo		butilo	nitrilo		nitrilo	
	buna-n			Polisulfido		Polisulfido	Polisulfido
				buna-s y n		butilo	butilo
METALES QUE CORROE	ninguno	zinc	ninguno	ninguno	ninguno	cobre y aleaciones	
		cadmio					
		magnesio					
LUBRICACIÓN	excelente	aceptable	aceptable	buena	excelente	buena	
TOXICIDAD	no tóxico	no tóxico	no tóxico	vapores tóxicos	no tóxico	pueden ser tóxicos	
INFLAMABILIDAD	alta	mala	mala	muy baja	muy baja	muy baja	
TEMPERATURA MÁXIMA	90 C	50C	50C	94 - 140C	-	65-260C	
DESIDAD RELATIVA	1	1.25	1.2	1.3	1.06	1.65	

Fuente: Mecánica de Fluidos II - U. Centroamericana José Simeón Cañas

2.6. CONTAMINACIÓN

Los contaminantes pueden ser ocasionados por partículas tales como la sílice (arena), metales, fibras, participantes, entre otros, a causa de su impacto severo en el uso del componente y la fatiga. La sensibilidad de un componente a la contaminación por partícula es dependiente en gran parte en el espesor de la película del lubricante y el tamaño y cantidad de contaminantes en el líquido lubricante.

La mayoría de los problemas en sistemas hidráulicos y de lubricación son causados por la contaminación y el desgaste mecánico, en muchos casos la falla

de un sistema hidráulico va precedida por daños ó disminución de efectividad de las juntas. Aunque las juntas son consideradas como elementos sujetos a desgaste, no significa necesariamente que sean la causa principal del problema. Hay cuatro tipos primarios de desgastes mecánicos de mecanismos de uso: abrasión, erosión, fatiga y adhesión.

a) El desgaste abrasivo ocurre cuándo las partículas entran en un espacio libre entre dos superficies que se deslizan separadas por una película lubricante, como se muestra en la figura 2.1. Las partículas del contaminante en o encima del tamaño de este espacio libre pueden cortar, frotar o raspar una o ambas superficies. Las partículas pueden llegar a ser empotradas en una superficie, y actuar como instrumentos de corte, raspando material de la superficie opuesta. El desgaste de una o ambas superficies tienen como resultado encaje irregular, aumento de goteo interno o externo, reducción de la eficiencia operacional, temperaturas más altas, y por supuesto, más contaminación de las partículas de desgaste, [6].

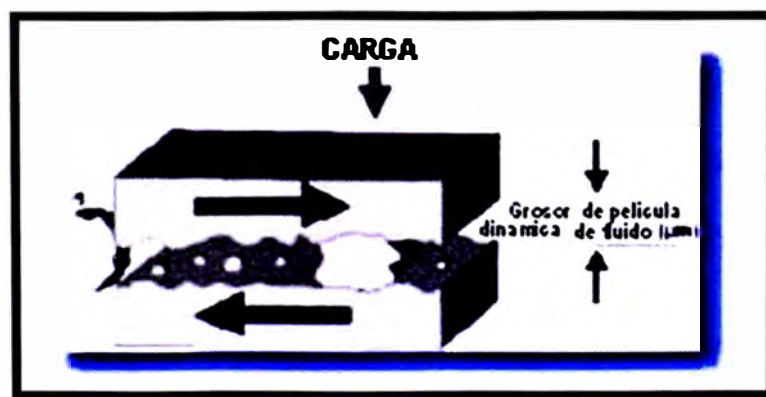


Figura 2.1, Partículas entre 2 superficies con película lubricante

b) La erosión ocurre cuando las partículas duras llevadas por el lubricante en velocidades altas se impactan en una superficie del componente. El impulso de la

partícula se traduce en una fuerza en el impacto que puede erosionar la superficie de componente. El resultado es semejante al uso abrasivo y tiene como resultado aumento del goteo interno, eficiencia más baja, y más contaminación. La erosión puede ser encontrada en componentes hidráulicos tales como controles de presión o válvulas servo, donde la velocidad del fluido es alta al pasar por un orificio de control.

c) El desgaste por fatiga o las superficies por contacto rodante es iniciado cuándo partículas del mismo tamaño o más grandes que el espesor de la película, entra en la zona de carga de cojinetes antifrictionales. Estas partículas llenan momentáneamente el espacio de la película lubricante y crean pequeños dientes y micro-grietas en la superficie rodante. Bajo cargas repetidas, las micro grietas crecen hasta que socavan la superficie, causando finalmente fallas de astilladura y fatiga.

d) El desgaste adhesivo es el contacto de metal a metal entre dos superficies móviles del componente. Las partículas contribuyen al desgaste adhesivo cuando superficies ásperas por abrasivos o por el desgaste de fatiga, forman asperezas de superficie que se extienden por el espesor de la película lubricante. Por supuesto, las partículas generadas debido al uso adhesivo llegan a ser partículas contaminantes, que si no se verifican, puede causar e consecuente desgaste abrasivo o de fatiga. La figura 2.2 muestra el desgaste adhesivo (soldadura en frio) y el arranque de material producido por ello, [6].

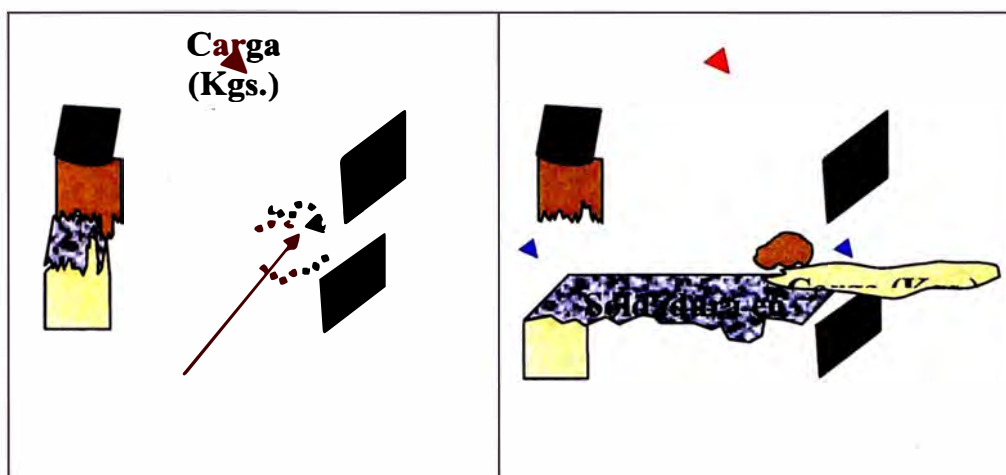


Figura 2.2, Muestra el desgaste adhesivo como fuente de contaminación

Los fluidos deben estar bajo una especificación química y limpieza, el estándar ISO 4406 es una herramienta importante para controlar los niveles de contaminación, también es muy importante controlar el nivel de agua. La vida de todos los componentes dependen de las condiciones del fluido, más del 50% de las fallas de los equipos están relacionadas con la contaminación, [2].

En la figura 2.3 se observa las causas típicas de falla en los equipos en el que se observa que el 55% de las causas de falla se deben a la contaminación presente en el fluido, ya sea contaminación por desgaste o fatiga.

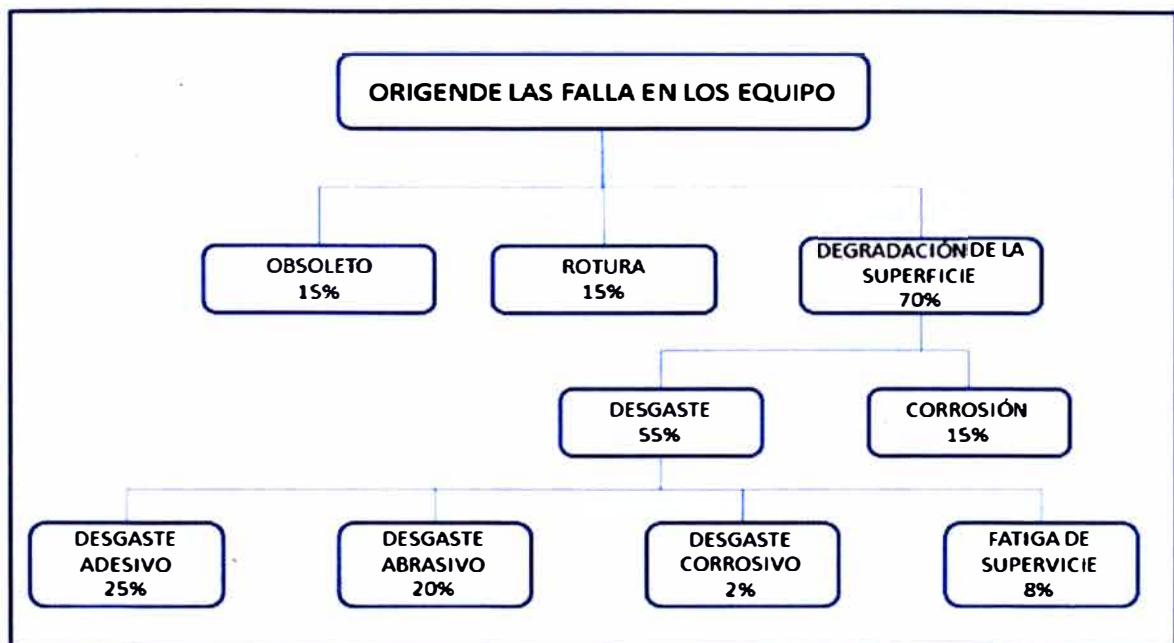


Figura 2.3, Origen de las fallas en los equipos, Rabinowicz, 1981

Las fuentes de contaminación podrían dividirse en cuatro categorías:

- La contaminación "añadida", creada durante la fabricación y el montaje del sistema (¿cuál es el nivel de limpieza en el momento del montaje?).
- Contaminación "ingerida" penetra dentro del sistema, por un mal funcionamiento o ausencia de filtros de aire, (filtros no adecuados), estanqueidad defectuosa en los depósitos, vástagos de los cilindros rayados, pueden ser la causa de una contaminación no deseada dentro del sistema.
- La contaminación "generada" por deterioro ó desgaste, de los propios elementos del sistema.
- La contaminación, presente sin más en el aceite nuevo, durante el llenado del sistema. Un aceite "nuevo" no tiene ninguna garantía de que esté limpio.

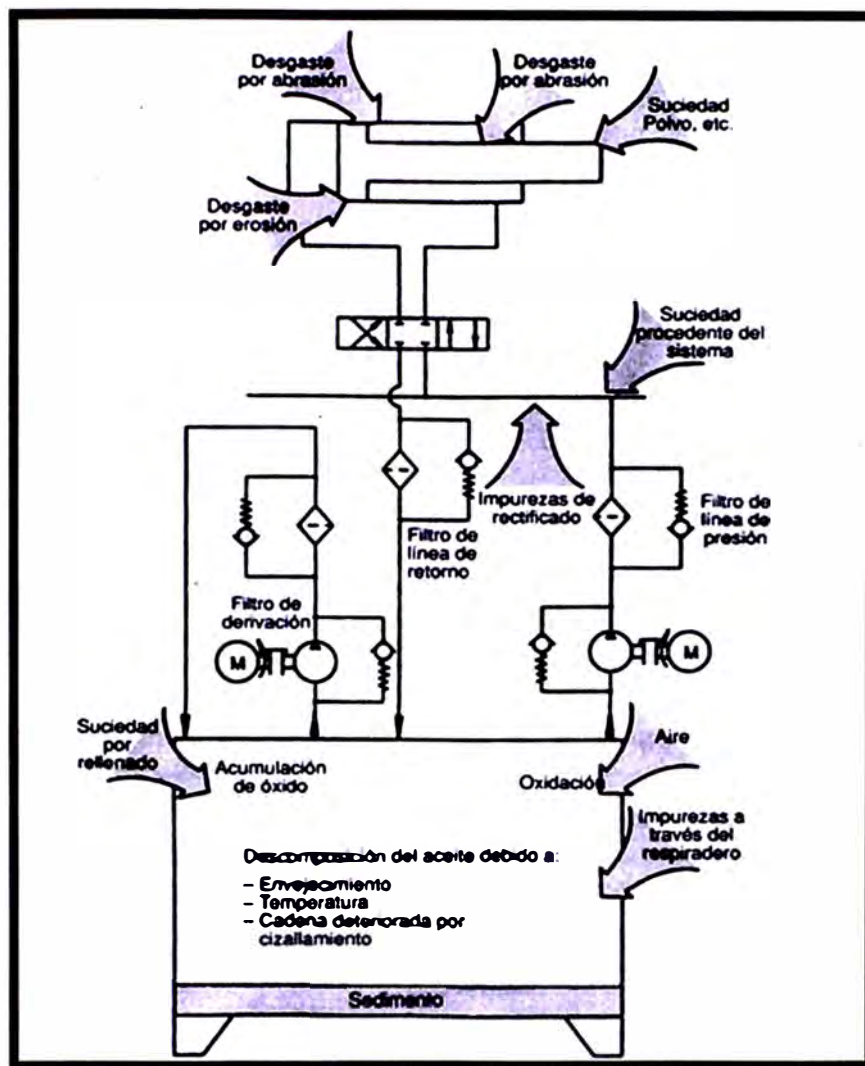


Figura 2.4, Circuito hidráulico con zonas de posible peligro debido a impurezas

La figura 2.4 muestra las posibles fuentes de contaminación en un circuito hidráulico, en este caso de un circuito hidráulico de un pistón. Un dato importante es el efecto catalítico que puede ocurrir por la presencia de una combinación de ciertos elementos químicos en la contaminación, este efecto puede incrementarse exponencialmente por la presencia de agua en el fluido del sistema.

En general podríamos establecer, que la contaminación genera contaminación.

2.7. CONTEO DE PARTÍCULAS COMO MEDIDA DE LA CONTAMINACIÓN

El conteo de partículas consiste en la medida de la contaminación sólida en el seno de un lubricante mediante el conteo del número de partículas y clasificación del grado de contaminación en función del tamaño/concentración de partículas. Conocer el grado de limpieza de un fluido es fundamental a la hora de realizar un control de la contaminación presente en el sistema

Existen diversas normas internacionales utilizadas para clasificar un fluido en función de la cantidad de contaminantes sólidos que posee en suspensión. La mayoría de estas clasifican el grado de limpieza del fluido según las cantidades de contaminantes existentes teniendo en cuenta unos tamaños determinados

Existen multitud de tipos de contadores de partículas. Desde los manuales a los automáticos, pasando por los ópticos y por los de bloqueo de poro entre otros. Aquí se va a hablar de los automáticos.

2.7.1. Contadores ópticos automáticos por bloqueo de la luz blanca.

En este tipo de contadores, las partículas pasan a través de la celda de detección y crea una sombra sobre el foto detector. La caída en el voltaje producido en el foto detector es directamente proporcional al tamaño de la sombra y por lo tanto el tamaño de la partícula que pasa a través.

El principio de funcionamiento consiste en proyectar un rayo de luz a través de la muestra. Si se encuentran partículas en el seno del fluido bloquearán la luz, lo cual hará caer la energía medida que es más o menos

proporcional al tamaño de la partícula.

2.7.2. Contadores ópticos automáticos por dispersión de luz láser.

En los equipos láser, debido a la naturaleza prácticamente paralela del haz láser, la dispersión de la luz es mínima hasta que pasa una partícula por el haz, cuando el haz golpea la partícula se genera una dispersión de la luz que alcanza el foto detector. El cambio en el voltaje observado es directamente proporcional al tamaño de la partícula.

Normalmente los detectores láser son más exactos y sensibles que los de luz blanca. Este es un tipo de contador de partículas más moderno. Como en los de bloqueo de luz, las partículas provocan una interferencia medible en la transmisión de la luz a través de la célula. Sin embargo, además de utilizar la luz blanca, este método utiliza un láser. La luz altamente enfocada emitida es interrumpida por una partícula, produciendo un efecto de dispersión. El aumento de la energía a través del área de muestra es medida con este tipo de contador, justo lo contrario que con el método de bloqueo de luz.

Una muestra de aceite puede contener en su seno multitud de compuestos, los cuales pueden interferir la medida y dimensionamiento de las partículas sólidas presentes. El problema más común es la entrada de burbujas de aire y gotas de agua, las cuales dispersan y bloquean la luz, proporcionando lecturas erróneas en los contadores ópticos. Este método no es aplicable para las emulsiones de aceite y agua. Si no se realiza cierta preparación de muestra, un contador óptico no trabaja bien con

fluidos oscuros o contaminados con una alta carga de sedimentos o carbonilla. Esto puede dar lugar a errores de medida, o bloquear totalmente el paso de luz.

Se debe de matizar una serie de cuestiones sobre los contadores ópticos automáticos. Las partículas provenientes de un aceite no son casi nunca esféricas. Esto puede crear una serie de problemas en el contador óptico a la hora de clasificar partículas con unas dimensiones x e y muy diferentes. Para resolver este problema se ha definido el diámetro esférico equivalente. Mediante este método se mide la sombra de la partícula o el efecto de dispersión que produce y la asemeja a una esfera perfecta.

Otro concepto es el del falso positivo, por ejemplo burbujas de aire, agua libre o emulsionada, aditivos flocculados, etc. Estos son tenidos en cuenta como si fuesen otra partícula más. Como ejemplos de contadores de partículas que utilizan estos métodos se pueden destacar los siguientes equipos y marcas:

Eaton

Emerson Process Management CSI-5200C

HIAC-PODS

Hydac Technology-FCU 2000-4

MP Filter USA-LPA2

Pall Corp. PFC400W

Pamas GmbH-S-2, entre otros

2.7.3. Contadores por bloqueo de poro

Una alternativa a los contadores ópticos por bloqueo o dispersión de la luz son los de bloqueo de poro. El principio básico es similar a los ópticos, lo que se quiere conseguir es que solo se midan las partículas sólidas. La presencia de aire y/o agua en el fluido no afecta a la exactitud de los contadores de partículas por bloqueo de poro, tampoco influye el color u opacidad de la muestra. Sin embargo, estos equipos deben de estimar la distribución de tamaños de las partículas por extrapolación, no mide exactamente la concentración de sólidos por encima de un tamaño de poro determinado. Para ciertos líquidos oscuros como aceites de motor diesel o altamente contaminados, los equipos por bloqueo de poro ofrecen muchas ventajas sobre los ópticos.

En este método se hace pasar un volumen de muestra a través de una malla con tamaño de poro claramente definido, normalmente 10 μm . Existen dos equipos que usan este método:

El primero de ellos mide la caída de flujo a lo largo de la membrana hasta que se colma mientras se mantiene una presión constante, primero con partículas mayores de 10 μm , y después con las partículas menores, cuando las grandes ya han colmado la pantalla.

El segundo mide el aumento de la presión diferencial a lo largo de la membrana mientras que el flujo se mantiene constante cuando la membrana se colmata de partículas.

Ambos equipos poseen un algoritmo que transforma la caída del flujo en el tiempo o el aumento de la presión en un grado ISO de acuerdo, entre otras, con la ISO 4406:99.

Aunque estos equipos no tienen los problemas de los falsos positivos que poseen los equipos ópticos, no poseen el mismo rango dinámico que los ópticos, además estiman la distribución de partículas de una manera aproximada, y dependen de la exactitud del algoritmo utilizado. Como ejemplos de contadores de partículas que utilizan estos métodos se pueden destacar los siguientes:

Desing Maintenance System Inc.-VIP

PALL Corp. PCM400

Rockwell Automation/Entek-Contam-Alert

2.7.4. Contadores por análisis de imagen.

Esta técnica aborda de diferente manera el contaje de partículas. La muestra pasa a través del área de ensayo y es fotografiada digitalmente. Se mide el área superficial de la partícula en dos dimensiones, y a continuación se graba para su posterior medida en el contaje. A la vez que se cuentan las partículas se evalúan sus formas, mecanismo de desgaste por el cual han sido generadas, etc. La morfología de la partícula permite al equipo excluir a las burbujas de aire o agua al ser completamente redondas. Así que, además de eliminar del contaje las partículas de aire y las de agua permite conocer la morfología y mecanismo de desgaste, como ejemplos de contadores de partículas que utilizan estos métodos se puede destacar el siguiente:

Spectro Inc.-Laser net FINES-C.

Los contadores de partículas ópticos estiman el tamaño de cada partícula basándose en la energía de la luz que pasa a través del área del flujo de muestra por el instrumento. Una gran pérdida de energía, en el

caso de los contadores de partículas por bloqueo de luz, o un pico de energía si es un contador de partículas por dispersión de luz, sugiere una partícula proporcionalmente grande. Se pueden dar errores debido a la orientación de la partícula y otra serie de factores, el método óptico es generalmente más efectivo a la hora de estimar el tamaño individual de cada partícula. Los contadores por bloqueo de poro no cuentan las partículas individualmente, sino que miden un colectivo de la totalidad de la población de partículas que pasan a través de la pantalla.

2.8. CÓDIGOS DE NIVELES DE LIMPIEZA.

A la hora de detectar o corregir problemas se debe de utilizar una escala de referencia de la contaminación presente en el sistema. Aquí hablaremos de las escalas ISO 4006 y NAS 1638.

2.8.1. ISO 4406:1999

En la versión ISO 4406 de 1999 el resultado se expresa mediante un código compuesto por tres dígitos. El primero corresponde al número total de partículas de tamaño superior a 4 micras por mililitro de fluido. El segundo corresponde al número total de partículas de tamaño superior a 6 micras por mililitro de fluido. El tercero corresponde al número total de partículas superiores a 14 micras por mililitro de fluido, ver tabla 2.4.

Las partículas de >4 y >6 micras son indicativas de la tendencia a la formación de depósitos de partículas, mientras que las >14 micras indican la cantidad de partículas grandes presentes, las cuales contribuyen en gran medida a un posible fallo catastrófico de un componente.

Tabla 2.4 Clases de contaminación según la norma ISO 4406

Rango de Código ISO	Número de partículas por ml	
	Desde	Hasta
28	1,300,000	2,500,000
27	640,000	1,300,000
26	320,000	640,000
25	160,000	320,000
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	2.50	5
8	1.25	2.50
7	0.64	1.25
6	0.32	0.64
5	0.16	0.32
4	0.08	0.16
3	0.04	0.08
2	0.02	0.04
1	0.01	0.02
0	0.00	0.01

Fuente: ISO 4406 versión 1999

En la versión anterior, la ISO 4406 de 1987 el resultado se expresa mediante un código compuesto por dos dígitos. El primero corresponde al número total de partículas de tamaño superior a 5 micras por mililitro de fluido, mientras que el segundo corresponde al número total

de partículas superiores a 15 micras por mililitro de fluido. También se ha expresado con un código de tres dígitos en el cual el primero corresponde al número total de partículas superiores a 2 micras por mililitro de fluido

La razón por la que se ha cambiado el tamaño de las partículas de la clasificación no ha sido otro que el debido al cambio en el material de calibración. En la tabla 2.5 se muestra un resumen de la norma anterior y la actual norma ISO 4406:1999.

Tabla 2.5 Antiguo y nuevos métodos para la calibración y codificación.

Aplicación	Antigua	Nueva
Método de calibración de los contadores de partículas automáticos para líquidos	ISO 4402	ISO 11171
Método de codificación del grado de contaminación por partículas sólidas	ISO 4406:1987	ISO 4406:1999
Material de calibración	ACFTD	ISO MTD

Fuente: Boletín Mensual sobre lubricación y mantenimiento

Este cambio se debe a:

- El nuevo patrón ISO MTD (polvo medio para pruebas) ayuda a corregir la inexactitud de ACFTD (polvo fino para pruebas de limpieza de aire) en la antigua calibración. Se recomienda usar la ISO MTD que este certificada por el NIST (Instituto Nacional para Estándares y Tecnología – USA).
- El tamaño de las partículas antiguamente solo eran medidas en dos dimensiones, mientras que ahora se hace en tres.

2.8.2. NAS 1638

El código NAS 1638 se creó originalmente para componentes hidráulicos de la industria aeronáutica. El concepto del código está basado en la distribución de tamaños de partículas de una concentración sobre un rango de tamaños de >5 hasta >100 μm . A partir de los datos obtenidos de grados de limpieza en aviación se crearon 14 clases en función del grado de suciedad o limpieza. Cada vez que se aumenta un grado de suciedad la cantidad de partículas se duplica, ver tabla 2.6.

Tabla 2.6 Grados de Limpieza NAS 1638 / AS 4059

Clase	Cantidad máxima de partículas/100 ml en cada rango de tamaño específico (μm)				
	5-15	15-25	25-50	50-100	>100
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1000	178	32	6	1
3	2000	356	63	11	2
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16000	2850	506	90	16
7	32000	5700	1012	189	32
8	34000	11400	2025	360	34
9	128000	22800	4050	720	128
10	256000	45600	8100	1440	256
11	512000	91200	16200	2880	512
12	1024000	182400	32400	5760	1024

Fuente: Boletín Mensual sobre lubricación y mantenimiento

2.9. RANGO DE FILTRACIÓN BETA(β_x)

Es una relación que compara el número de partículas de un tamaño determinado o superior que se encuentran en el fluido antes y después de pasar por un medio filtrante, es decir nos indica la capacidad de reducción de dicha cantidad de partículas.

Esta relación se expresa como:

$$\beta_x = \frac{N_u}{N_d} \quad (1)$$

En donde:

β_x : Rango de filtración BETA para partículas mayores en tamaño a X micrones.

N_u : Número de partículas mayores a X micrones antes de pasar por el filtro.

N_d : Número de partículas mayores a X micrones después de pasar por el filtro.

Por ejemplo, consideremos un sistema hidráulico en donde las partículas dispersas en el fluido de 10 micrones (μm) o mayores representan un problema. Se realiza un conteo de este tipo de partículas en una muestra antes del filtro y se obtiene un número de 4,684 mientras que después del filtro se obtienen 45 partículas. Por lo tanto, tendremos un rango BETA de filtración igual a:

$$\beta_{10} = \frac{4,684}{45} = 104.08$$

La relación de filtración BETA también puede ser convertido a un rango de eficiencia E_x . Este rango de eficiencia expresa en porcentaje la habilidad del elemento filtrante de remover las partículas mayores a x micrones del fluido. Expresado en porcentaje:

$$E_x = \frac{\beta_x - 1}{\beta_x} \times 100\% \quad (2)$$

De esta manera, en el ejemplo anterior, la eficiencia será:

$$E_{10} = \frac{104 - 1}{104} \times 100\%$$

$$E_{10} = 99.04\%$$

Lo que significa que el filtro, tiene una capacidad del 99.04% de retener partículas de 10 micrones o mayores. En la figura 2.5, se puede ver un gráfico que nos da una mejor idea del concepto de índice β .

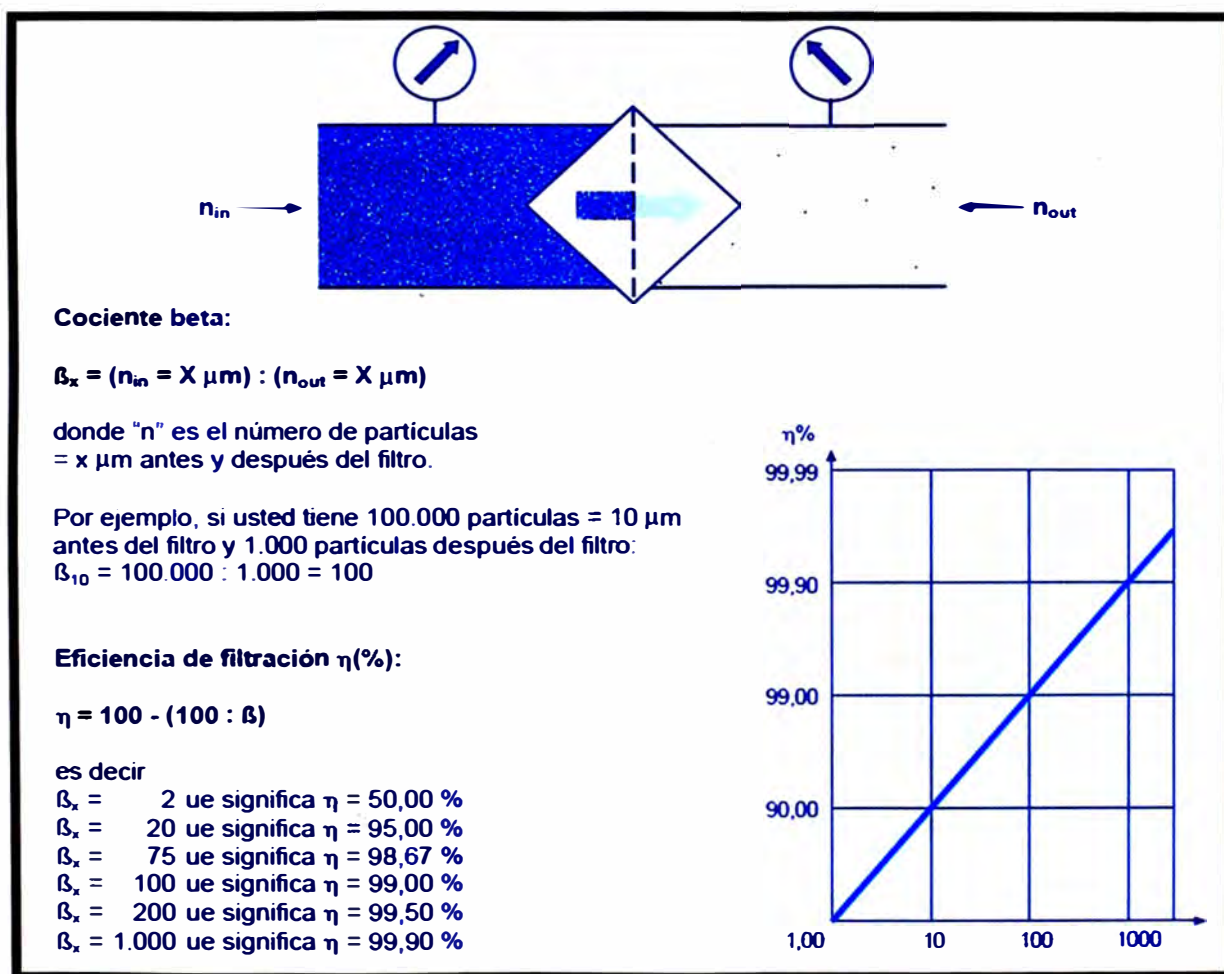


Figura 2.5, Eficiencia β de un filtro

El rango de medición BETA es un sistema ampliamente usado, para determinar el desenvolvimiento de un filtro dentro de un sistema hidráulico y es un intento para estandarizar el criterio tanto en los usuarios, como en los fabricantes de filtros, [6].

2.10. GRADOS DE LIMPIEZA RECOMENDADOS.

Muchos de los fabricantes de equipos hidráulicos y de cojinetes especifican el grado óptimo de nivel de limpieza requerido para sus componentes, los componentes que trabajan con un fluido con alto grado de suciedad acortan la vida de los mismos. La tabla 2.7 nos muestra los tamaños en micras típicos en los diferentes componentes. Las tablas 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 y 2.12 nos muestran las recomendaciones por especialistas en lubricación sobre los niveles de limpieza que se deben mantener por componente

Tabla 2.7 Espacios libres típicos, en micras, en operación dinámica

Componente	Espacio libre
Servo Válvula	1 – 4
Válvula proporcional	1 – 6
Válvula direccional	2 – 8
Bomba de piston	
Piston al orificio	5 – 40
Válvula al cilindro	0.5 – 5
Bomba de engrane	
Diente a plato lateral	0.5 - 5
Punta de Diente a carcasa	0.5 - 5
Rodamientos	0.4 – 1
Valeros	0.1 – 0.7
Cojinetes	0.5 – 25
Engranos	0.1 – 1
Sello dinámico	0.05 – 0.5

Fuente: Handbook of Lubrication and Tribology, Needelman, W. N

Tabla 2.8 Recomendaciones para el grado de limpieza por componentes

COMPONENTE	CODIGO ISO
Válvula de servo control	16/14/11
Rodamiento	16/14/12
Válvula proporcional	17/15/12
Cojinete	17/15/12
Reductoras industriales	17/15/12
Reductoras móviles	17/16/13
Motor diesel	17/16/13
Turbina vapor	18/15/12
Bombas / motores de pistón y paletas	18/16/13
Válvulas de control de presión y direccional	18/16/13
Máquina de papel	19/16/13
Motores / bombas de engranajes	19/17/14
Válvulas de control de flujo, cilindros	20/18/15
Fluidos nuevos sin usar	20/18/15

Fuente: Wearcheck Ibérica

Tabla 2.9 Niveles de limpieza recomendados por Oscar Entin Filtración Industrial

Guía de selección de niveles de limpieza ISO

Sistemas Hidráulicos

Componentes del Sistema	Sistemas Hidráulicos									
Servoválvulas			C	D	E					
Válvulas proporcionales			C	D	E					
Bombas de Caudal variable				C	D	E				
Válvulas de cartucho					C	D	E			
Bombas de Caudal fijo					C	D	E			
Bomba de paletas						C	D	E	m	
Válvulas de control de presión/caudal						C	D	E	m	
Válvulas solenoides						C	D	E	m	
Bomba de engranajes						C	D	E	m	
Nivel de Limpieza ISO	12/10/7	13/11/9	14/12/10	15/13/11	16/14/12	17/15/12	17/16/13	18/16/14	19/17/14	
Medios Filtrantes Filtros OEFISA	A (b _s = 200)			B (b _s = 200)		C (b _s = 200)		D (b _s = 200)		

Instrucciones para determinar el Nivel de limpieza

- Fijar como primer ítem el tipo de componente
- Ubicar casilla a la derecha del componente, de acuerdo al rango de presión requerido.
- El nivel de limpieza y medio filtrante están dados en la parte inferior de la tabla
- Desplazarse una columna a la izquierda si se dan alguno de los siguientes factores
 - Sistema crítico de producción
 - Servicio severo de alta frecuencia
 - Utilización de fluido hidráulico con contenido de agua.
 - Expectativa de servicio mayor a 7 años
 - Falla del sistema puede crear fallas de seguridad.
- Desplazarse 2 columnas a la izquierda si son aplicables 2 o mas factores enumerados en 4

Sistemas Hidráulicos Rangos de presión (psi)

Medio	Rango de Presión
C	> 2500 psi (170 bar)
D	1500 a 2500 psi (100 a 170 bar)
E	< 1500 psi (100 bar)

Fuente: Oscar Entin Filtración Industrial

Tabla 2.10 Estado del fluido en función del código ISO – 6 y 14µm

Código ISO	----	12/9	----	14/11	----	16/13	----	18/15	----	20/17	----	22/19	----	24/21	----	26/23
Fluidos Hidraulicos	Muy limpio			Limpio						Sucio						
Cajas de cambios				Muy limpio				Limpio								Sucio
Motores			Muy limpio					Limpio				Sucio				
Turbinas		Muy limpio				Limpio		Sucio								

Fuente: Wearcheck Ibérica

Recomendaciones de límites de niveles de limpieza en función de la ISO 4406:1999 para diferentes componentes de sistemas.

Tabla 2.11 Recomendaciones de niveles de limpieza por Argo – Hytos

Pumps	
Axial piston pumps	21/18/15
Radial piston pumps	21/18/15
Gear pumps	21/18/15
Vane pumps	20/17/14
Motors	
Axial piston motors	21/18/15
Radial piston motors	21/18/15
Gear motors	21/18/15
Vane motors	20/17/14
Valves	
Directional control valves (solenoid valves)	21/18/15
Pressure valves	21/18/15
Flow control valves	21/18/15
Check valves	21/18/15
Proportional valves	20/17/14
Servo valves	17/14/11
Cylinders	21/18/15

Fuente: Argo – Hytos. Guía para manejo y monitoreo de aceites

Tabla 2.12 Código de limpieza ISO recomendados

Rodamientos	
STLE/CRC Handbook	14/12/10
SKF	13/10
FAG	12/9
Pall (Cojinetes de bolas)	15/13/11
Pall (Rodamientos)	16/14/12
Charnaceras (Pall)	17/15/12
Cajas de Cambios Industriales (Pall)	17/15/12
Pequeñas y medianas Cajas de Cambios (SKF)	14/11
Cajas de Cambios de Transmisión de Potencia (SKF)	15/12
Grandes Cajas de Cambios (SKF)	18/13
Cajas de Cambios de automoción (Pall)	17/16/13
Motores diesel (Pall)	17/16/13
Aceites de Turbinas:	
ABB STAL (Vapor industrial). Westinghouse Trant (Gas)	14/11
ABB STAL (Gas). Siemens AG GE (Industrial)	15/12
ABB (Vapor). Parsons	16/13
Westinghouse	16/13
Papeleras:	
Pall	19/16/13
Exxon	16/13

Fuente: Mantenimiento predictivo proactivo a través de análisis del aceite – Marzo 2002

La tabla 2.13 muestra un promedio de la extensión de la vida útil al conseguir una disminución de los niveles de contaminación de sistemas hidráulicos y de lubricación.

Tabla 2.13 Extensión de vida útil por disminución de nivel de contaminación

Type of System	Initial ISO Code	Target ISO Code	Lifetime extended by:
Hydraulic	-/19/17	-/14/11	x 4
Lube	-/21/19	-/15/12	x 3

Fuente: Argo – Hytos: Guía para manejo y monitoreo de aceites

2.11. ENSAYO POR CONTEO DE PARTÍCULAS: MULTIPASS TEST ISO 16889

El ensayo más recomendado y usado por la industria de la filtración es el Multipass test, descrito en ISO 16889 (antes ISO 4572), con título: Método Multipass para evaluar la eficacia de filtración, la figura 2.6 muestra un equipo para este ensayo de la empresa



Figura 2.6, Banco de ensayo Multipass Test

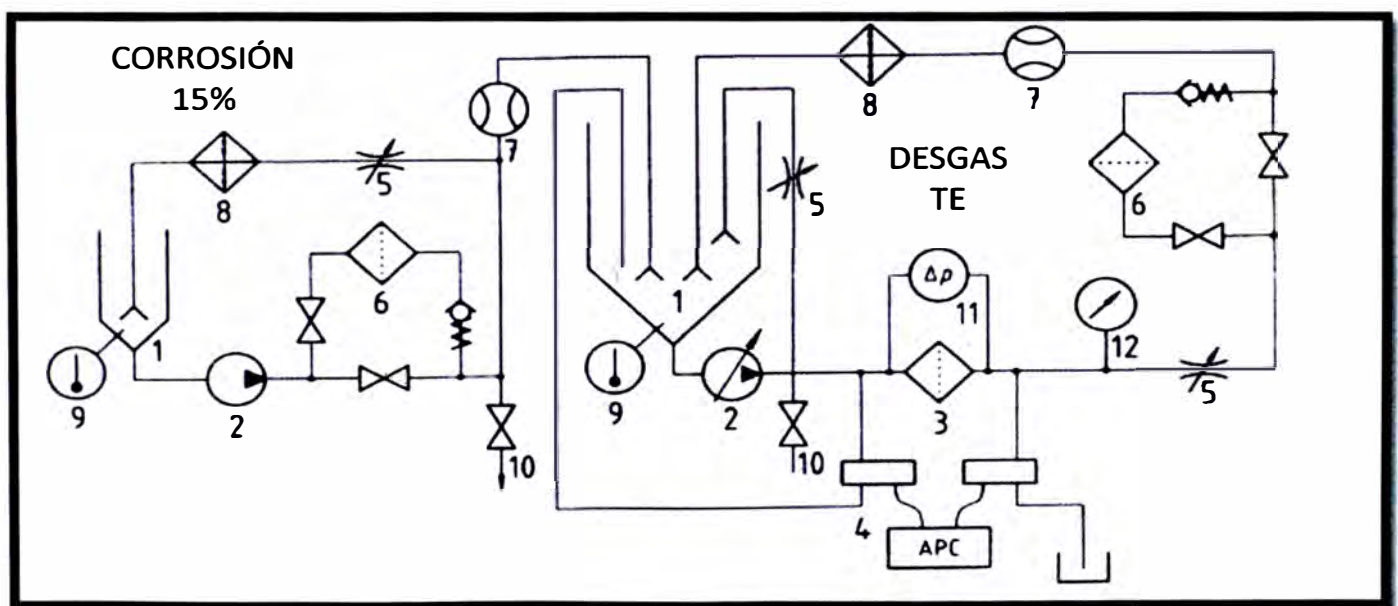
Descripción del proceso:

En este test el elemento filtrante está montado dentro de un filtro de prueba. Este filtro se monta en un circuito cerrado. El depósito se llena con aceite limpio, se fija por medios con los que cuenta el banco donde se realiza la prueba, caudal, temperatura (para la viscosidad), pérdida de carga inicial en el filtro, presión de trabajo y presión máxima.

En un segundo depósito se prepara aceite contaminado. Partimos de un depósito con aceite limpio donde se inyecta una determinada cantidad (peso) de polvo (ISO – MTD), resultando un aceite contaminado con una concentración de sólidos determinada. Empieza el test, un caudal constante de aceite contaminado

se pasa al depósito del circuito cerrado donde estamos haciendo la prueba. De esta manera da comienzo la prueba de filtro. Durante la prueba monitorizamos continuamente la caída de presión en el filtro de prueba. Con contadores de partículas – basados en sensores láser – antes y después del filtro de prueba, contamos el número y tamaño de las partículas en el fluido. Lógicamente las partículas que el filtro no retiene pasan una y otra vez por él. Este test es obviamente es una prueba destructiva.

En la figura 2.7 se observa un diagrama esquemático del banco de ensayo Multipass Test, la numeración indica los componentes principales



.Figura 2.7. Diagrama esquemático del banco de ensayo Multipass Test (Multi pasaje)

Los componentes numerados son:

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| Tanque | Caudalímetro |
| Bomba | Calentador |
| Filtro de prueba | Termómetro |
| Contadores de partículas | . Válvula para toma de muestra |
| Válvula reguladora | . Manómetro diferencial |
| Filtro | . Manómetro |

Debido a la continua inyección de fluido contaminado, la caída de presión sobre el elemento filtrante se incrementará hasta una presión diferencial determinada, definida como presión diferencial final. Cuando alcanza esta presión final, el test ha concluido.

La calibración del contador de partículas se usa la norma ISO 11171 (antes ISO 4402) donde los contadores automáticos de partículas serán calibrados usando muestras de calibración con certificado NIST (Instituto Nacional para Estándares y Tecnología – USA)

RECUESTO DE PARTÍCULAS

Se realiza de acuerdo a la norma ISO 4406 los códigos se asignan a los tamaños de partículas de 4, 6 y 14 μm de contaminación. Para hallar la eficiencia de filtración se sigue el criterio del índice β en términos de porcentaje.

El recuento de partículas aguas arriba y aguas abajo del filtro de prueba, también nos da información acerca del tamaño de la porosidad del material filtrante. La información de la pérdida de presión, recogida durante todo el test, puede ser usada para dibujar la curva de pérdida de presión. Conociendo la duración del test, es posible calcular la cantidad inyectada de polvo de test. Este valor es conocido como capacidad de retención de suciedad del elemento filtrante.

2.12. EQUIPO HIAC8000

Es un equipo basado en haz de láser, este equipo emplea el láser como técnica microscópica que permite el recuento visual de las partículas en una

cantidad conocida de líquido. El recuento identifica el número de partículas presentes mayores a un tamaño de micras en particular por unidad de volumen de líquido, esto a menudo en forma de partículas > 10 micras por mililitro.

La naturaleza de conteo de partículas se basa en la dispersión de la luz láser o bien oscurecimiento de la luz. Una fuente de energía de la luz láser se utiliza para iluminar las partículas a su paso por la cámara de detección. Las partículas pasan a través de la fuente de luz y por lo tanto el tamaño/número de las partículas se puede medir. Dependiendo del método que el aceite se clasifica en ciertos tipos de limpieza ISO de acuerdo al volumen del número de partículas detectadas.

Sin embargo, este método de contar la cantidad de partículas según el tamaño, no muestra si las partículas son suaves - de ahí su mayor parte sin problemas, o si son sólidos y por lo tanto a menudo abrasivo.



Figura 2.8, Equipo HIAC 8000

2.13. Prensa hidráulica

Principio de Pascal, Las presión existente en un líquido confinado (encerrado) actúa igualmente en todas direcciones y lo hace en ángulos rectos con la superficie del recipiente. La figura 2.9, muestra la dirección de la presión perpendicular a la superficie que la contiene

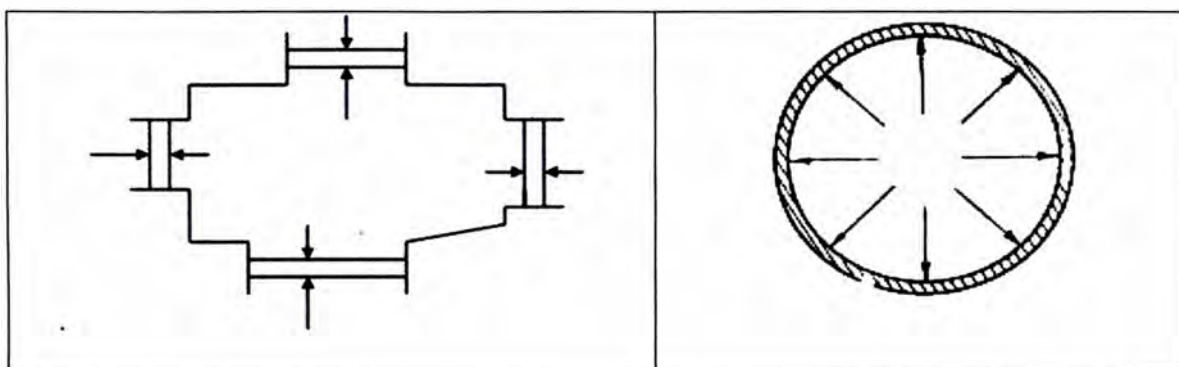


Figura 2.9, Las flechas muestran la dirección de la presión sobre la superficie

Con este principio, si aplicamos una fuerza pequeña sobre una superficie pequeña esta producirá una fuerza más grande proporcional a la superficie mayor, en la figura 2.10 se muestra lo expuesto.

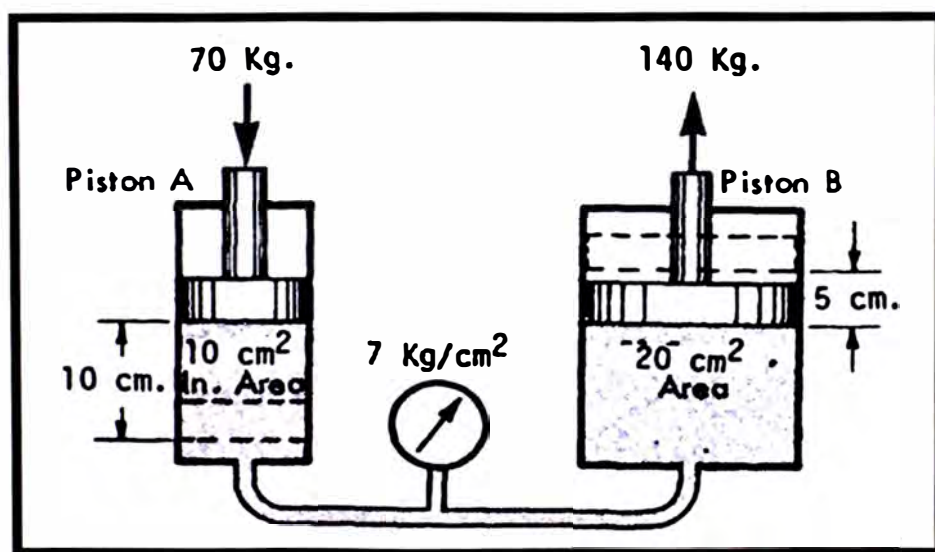


Figura 2.10, Se muestra una presión igual a 7Kg/cm^2 en el fluido.

2.13.1. Cálculo de la relación de fuerza

Cuando se aplica una fuerza F_1 sobre el embolo de área A_1 , se genera una presión P_1 , la figura 2.11, muestra un esquema de lo señalado.

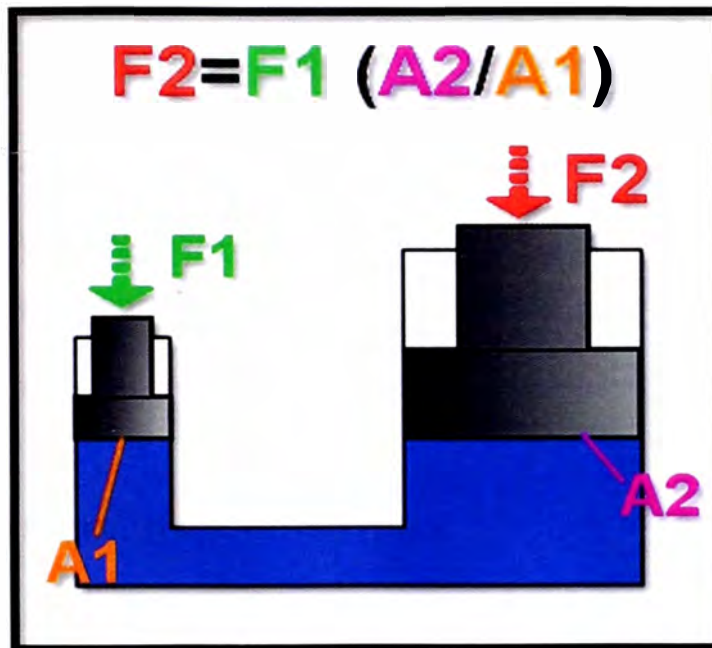


Figura 2.11, Esquema de una prensa hidráulica

Esto es:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} \quad (3)$$

Para el caso del embolo de área A_2 , se tiene:

$$P_2 = \frac{F_2}{A_2} \quad (4)$$

Se observa que el líquido está comunicado, luego por el principio de Pascal, la presión en los cuatro pistones es la misma, por tanto se cumple que:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} = P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

Es decir la relación de fuerzas es:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

Luego la fuerza resultante de la prensa hidráulica es:

$$F_2 = \frac{F_1 \times A_2}{A_1} \quad (5)$$

Donde:

F_1 : Es la fuerza del embolo menor (N)

F_2 : Es la fuerza del embolo mayor (N)

A_1 : Es el área del embolo menor (m²)

A_2 : Es el área del embolo mayor (m²)

PRENSA HIDRÁULICA INDUSTRIAL

La figura 2.12 nos muestra una prensa hidráulica, se ha definido por su estado actual que el principal componente de la prensa es la bomba hidráulica, esta convierte la energía mecánica rotacional en energía hidráulica para movilizar el pistón.

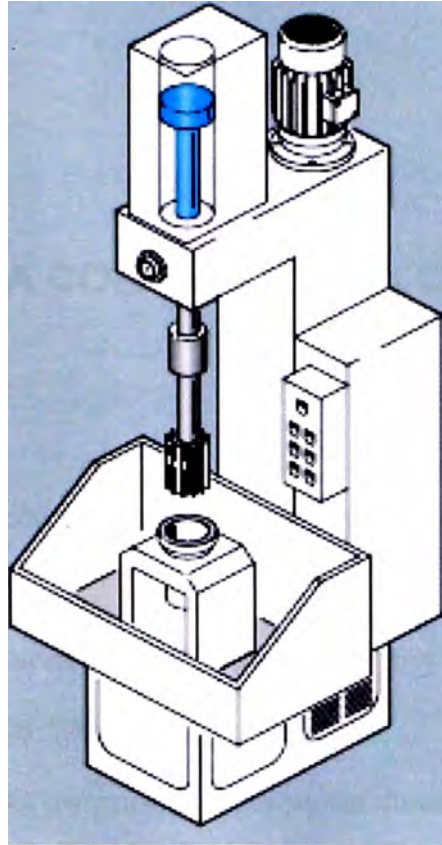


Figura 12, Prensa hidráulica

CAPITULO III

EQUIPO PARA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

El equipo a seleccionar debe cumplir con los siguientes parámetros:

1. Detectar los tamaños de partículas de 4, 6 y 14 micras, y expresarlos bajo la norma ISO4406:1999.
2. Indicar los niveles de contaminación del fluido hidráulico en línea, es decir que indique el nivel de contaminación en tiempo real.
3. Se aplique a fluidos hidráulicos translucidos.

Se elige el sensor detector de partículas: Icount PD de la marca Parker Hannifin, modelo: IPD 12323130, cumple con los parámetros arriba descritos, este sensor basa su detección de partículas en el empleo de laser de color claro, es decir, se aplica a fluidos hidráulicos translucidos.

3.1. COMPONENTES DEL EQUIPO

En la figura 3.1. podemos ver el diagrama del equipo, se numera los principales componentes

- Número 1: componente SYSTEM 20, permite tomar el fluido de la línea hidráulica hacia el detector de partículas para luego retornar a la misma línea de fluido.
- Número 2: manómetro diferencial 0-2 bar, indica la presión diferencial en el sensor.
- Número 3: Reducciones $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{2}$ ", facilita la conexión del equipo con la línea del fluido hidráulico

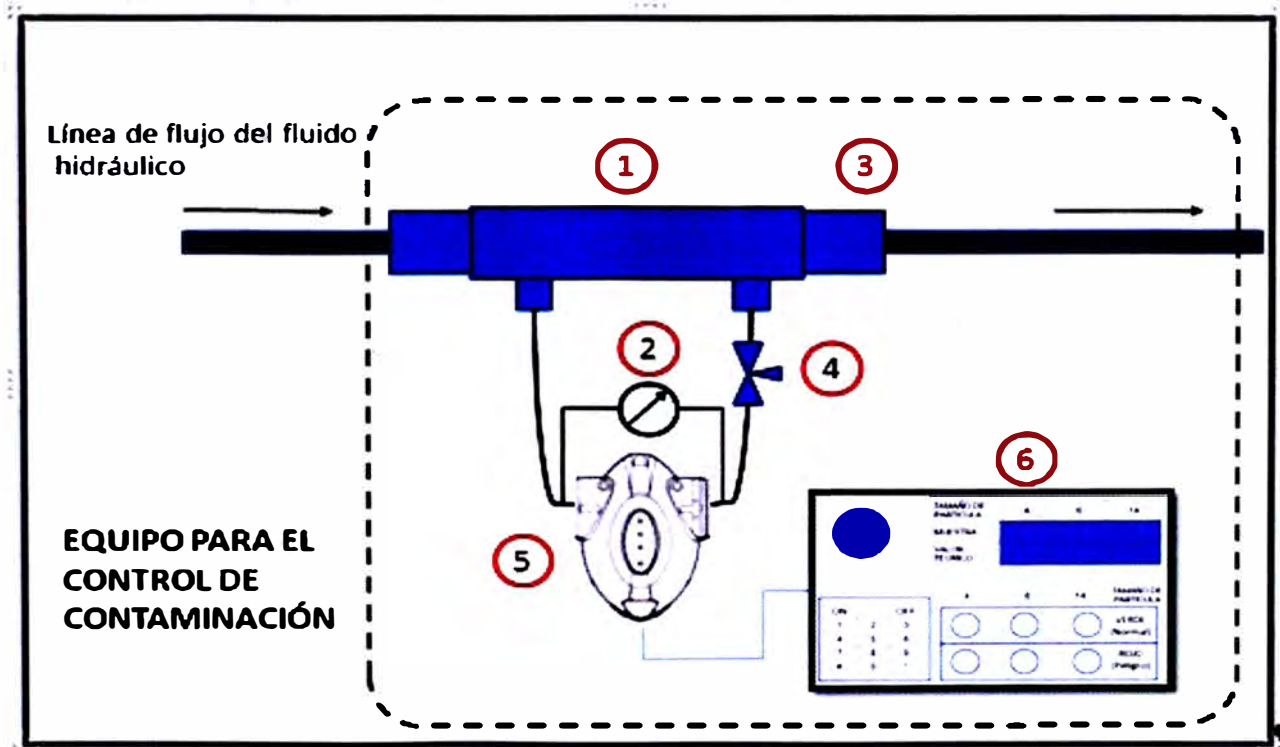


Figura 3.1, Diagrama del equipo de control de la contaminación

- Número 4: Válvula tipo aguja, regula la presión y como consecuencia el flujo del fluido hidráulico que pasa a través del sensor.

- Número 5: sensor detector de partículas Icount PD, detecta los niveles de contaminación basado en la norma ISO 4406:1999.
- Número 6: panel de control, a través del cual se ingresa lo valores recomendados, se visualiza los niveles de contaminación del fluido en tiempo real, y alerta cuando estos valores superan los valores recomendados por los fabricantes.

A continuación analizaremos las características del sensor Icount PD

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR ICOUNT PD

El sensor mide segundo a segundo la contaminación por partículas en el formato ISO 4406:1999, tiene una capacidad de flujo de 40 a 140ml/min, el fabricante recomienda 60ml/min para una correcta lectura de los niveles de contaminación, esto se selecciona según el valor de viscosidad del fluido.

Para calibrar el flujo recomendado de 60ml/min debemos graduar la diferencia de presión en el sensor en función de la viscosidad del fluido hidráulico y de preferencia estar conectado lo más cercano a la salida del sistema de flujo hidráulico.

La figura 3.2 muestra el gráfico de la presión diferencial requerida en función del flujo para fluidos con valores de viscosidad desde 10 a 160cSt.

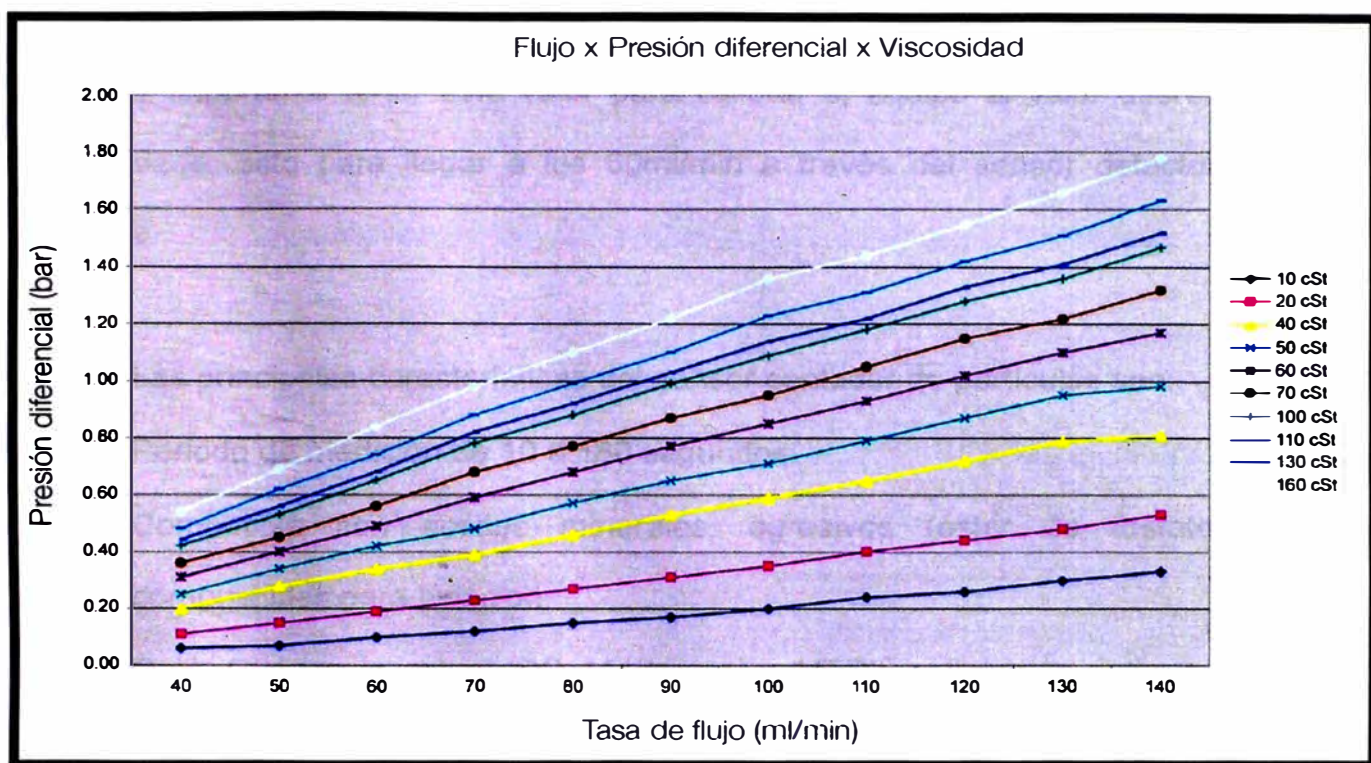


Figura 3.2, Gráfica flujo Vs Presión diferencial, rango 10-160cSt

La figura 3.3 muestra el gráfico de la presión diferencial requerida en función del flujo para fluidos con valores de viscosidad desde 160 a 500cSt.

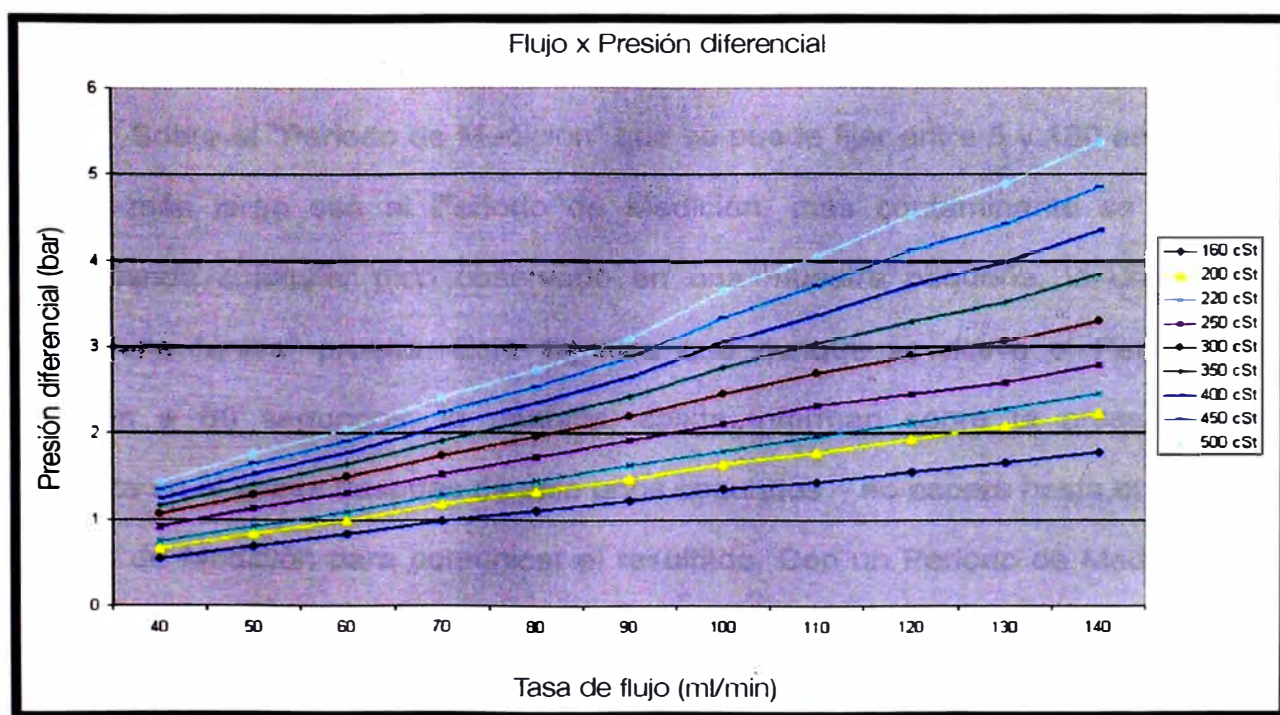


Figura 3.3, Gráfica flujo Vs Presión diferencial, rango 160-500cSt

El valor de la viscosidad de un fluido determinado se obtendrá de las tablas, es importante tener este valor para calibrar el equipo al valor diferencial recomendado, esto para llegar a los 60ml/min a través del sensor detector de partículas.

Las principales características del sensor contador de partículas son:

- Periodo de medición de 10 a 180 segundos
- Compatible con aceites minerales, agresivos (éster de fosfato) y combustibles para aviación
- Calibrado con la actual ISO 11171 (polvo MTD) y calibración antigua ISO 4402 (polvo ACFTD)
- Cuenta con un display para visualizar los valores ISO de tamaños de partículas 4, 6, 14 μm .
- Tiene salidas de conexión RS232, 4-20mA, 0-3/0-5V y J1939 (can bus)
- Conexiones para el ingreso y salida de fluido en sistema DIN y ASA.

Sobre el “Periodo de Medición” que se puede fijar entre 5 y 180 segundos. Cuanto más largo sea el Periodo de Medición, más contaminante se medirá, promediando cualquier pico observado en una muestra pequeña, la unidad no realiza una “única” prueba. Esto significa que aunque se active el Periodo de Medición a 60 segundos, la pantalla, salida informan sobre la presencia de impureza en el aceite después de sólo unos segundos – no espera hasta el final del Periodo de Medición para comunicar el resultado. Con un Periodo de Medición de 100 segundos, los resultados se referirán a los últimos 100ml de aceite que hayan circulado por el Icount PD, actualizado en base a segundo a segundo, proporcionando una lectura continua eficaz del nivel de contaminación.

Cumple con los estándares para el trabajo:

EN61000-6-3:2001 Electromagnetic compatibility – Part 6-3: Genericstandards-
Emisión estándar para ambientes residenciales, comerciales e industria liviana.

EN61000-6-3:2001 Electromagnetic compatibility – Part 6-3: Genericstandards-
Inmunidad en ambientes industriales

La figura 3.4, muestra los puntos de conexión para montaje, entrada y salida de fluido, cable de comunicación y de suministro de energía eléctrica.

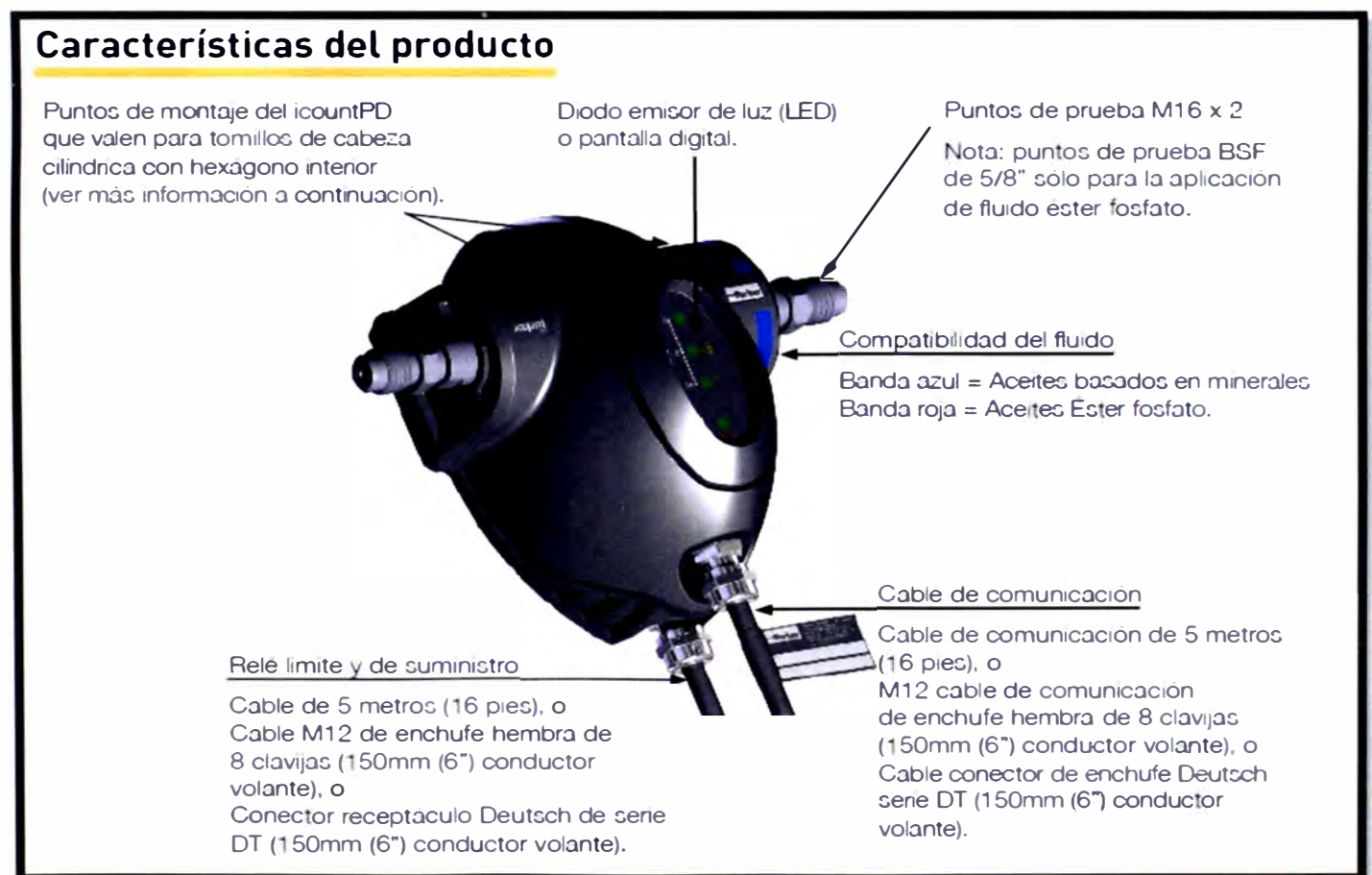


Figura 3.4, Características del Icount PD

Recomendaciones indicados por el fabricante

- Para mantenimiento y limpieza, asegurarse que la fuente de alimentación eléctrica este desconectada
- Para calibración, se debe poner en contacto con la compañía fabricante Parker Hannifin, la re calibración es recomendable a una frecuencia de 12 meses.
- Almacenamiento, en ambientes secos en un rango de -20°C a 40°C (-4°F a 104°F).

3.3. CONEXIÓN HIDRÁULICA

La figura 3.5 muestra el diagrama de conexión hidráulica

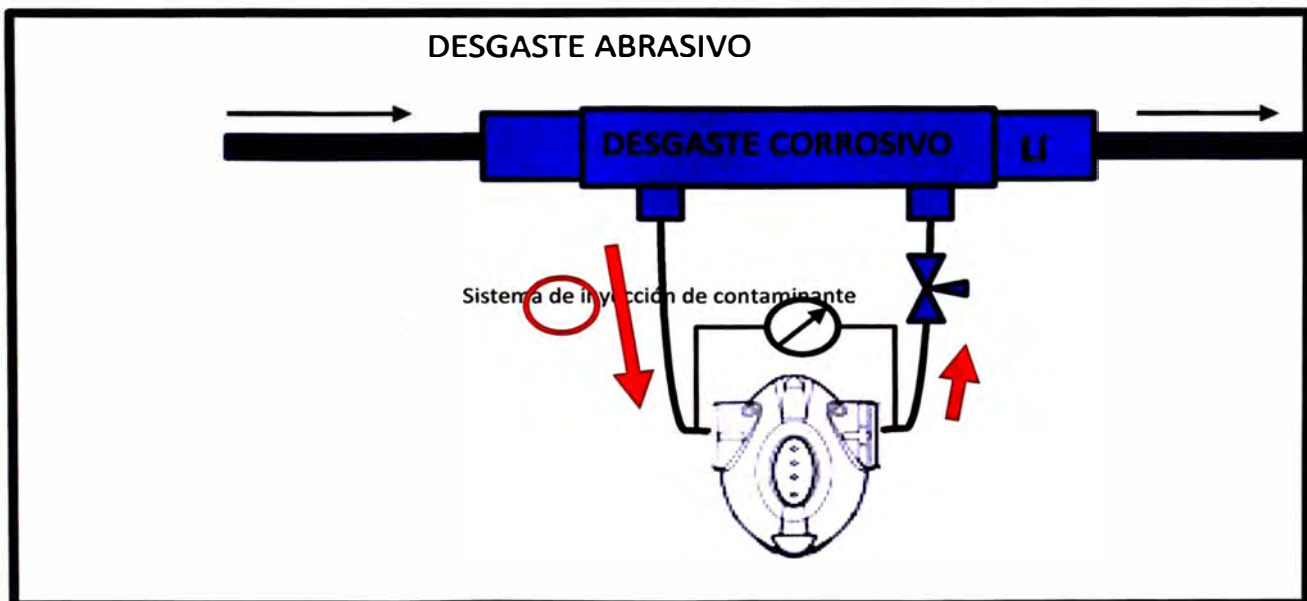


Figura 3.5, Gráfica flujo Vs Presión diferencial, rango (160-500cSt)

Donde:

- Número 1: Manguera de conexión M16 entre el System 20 y dispositivo Icount PD, entre el sensor y la válvula de aguja, entre la válvula aguja y el System 20.

El sensor Icount PD de especificación de aceite mineral viene con puntos de conexión hidráulicos M16 x 2, la conexión de estos puntos de prueba sólo se debe “apretar con los dedos”. No es necesario el uso de llaves de tuercas o llaves inglesas.

OBSERVACIÓN

Si se desea tener una muestra del fluido hidráulico que se está monitoreando, se puede cambiar la conexión de la válvula aguja por una válvula de control de flujo (Número de parte 840074 del catálogo Parker Hannifin), ver figura 3.6, esta válvula compensa automáticamente la presión diferencial del fluido que pasa por el sensor Icount PD y la presión atmosférica, es decir se puede conectar el equipo hacia un recipiente para recolección de muestra del fluido hidráulico.

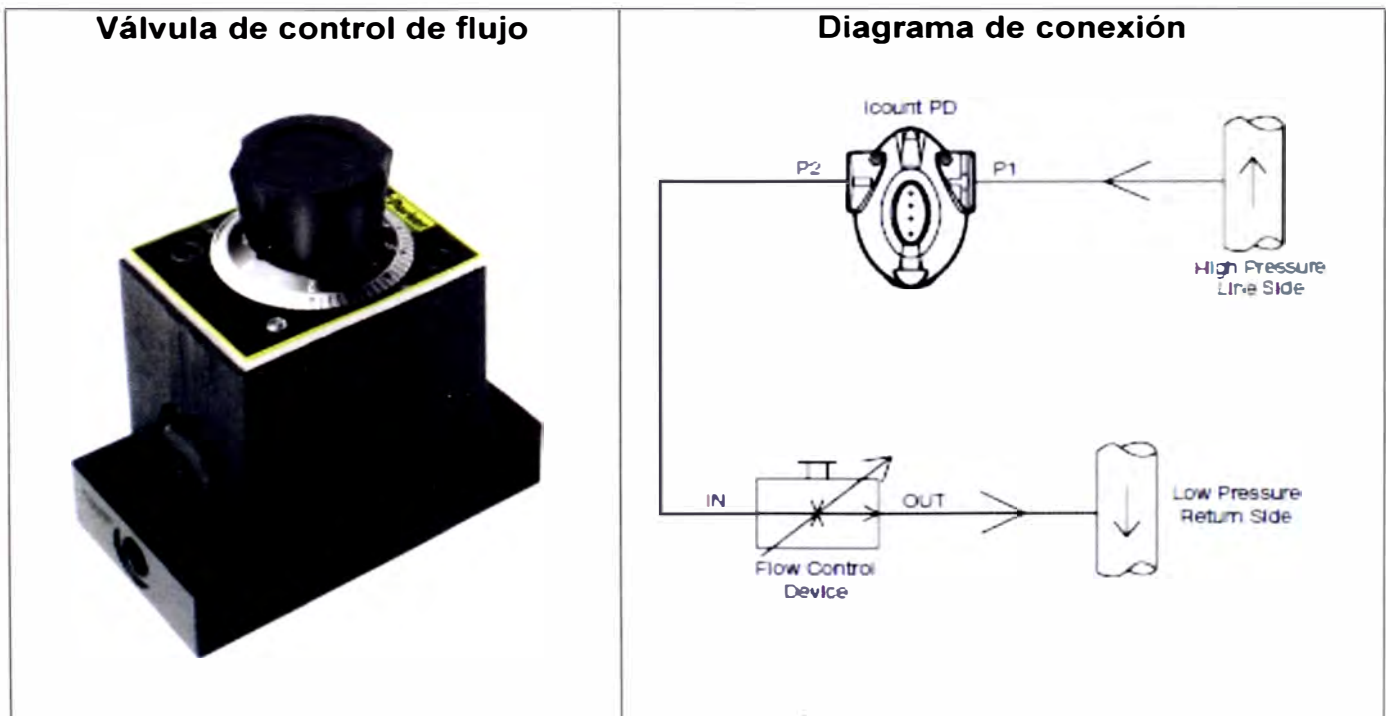


Figura 3.6, Gráfica flujo Vs Presión diferencial, rango (160-500cSt)

3.4. CONEXIÓN ELÉCTRICA

La figura 3.7 muestra el diagrama de conexión eléctrica en el que se puede ver el sensor detector de partículas, los periféricos de salida (Leds, pantalla LCD y alarma sonora), el control del Icount PD, periférico de entrada, teclado y la fuente.

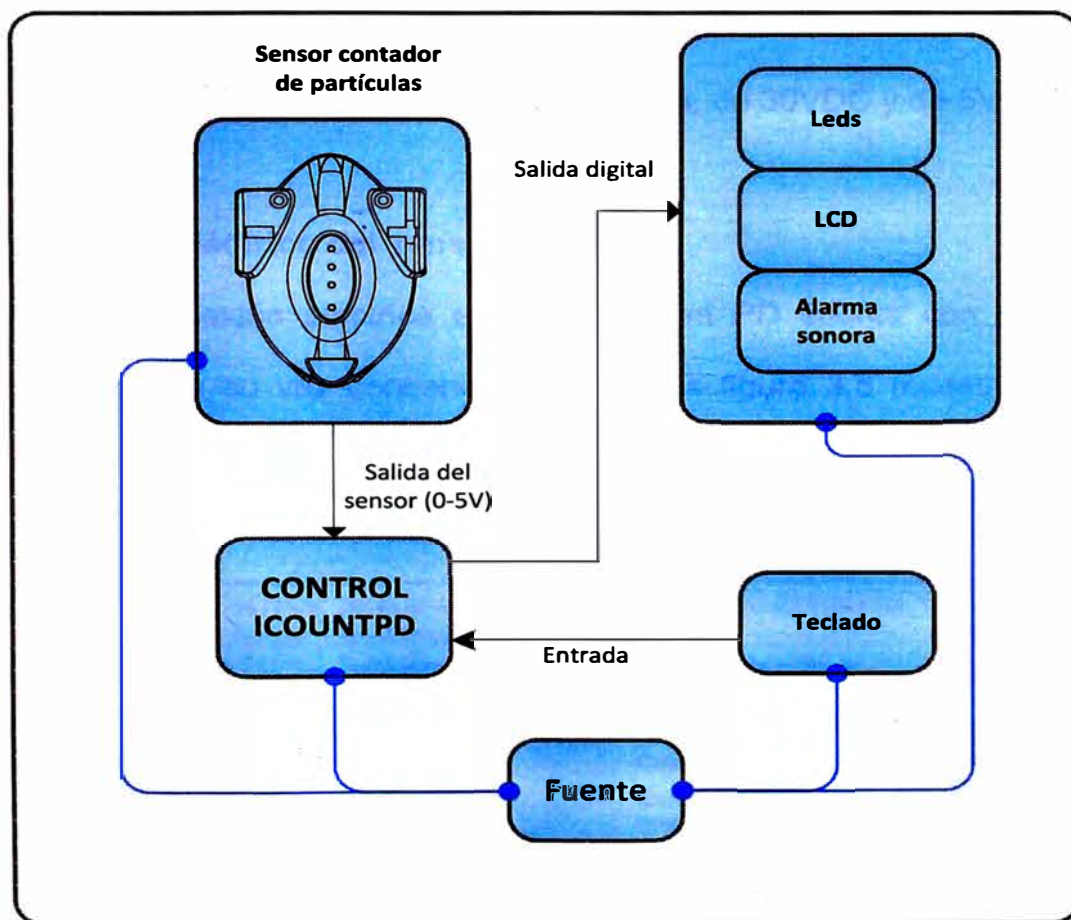


Figura 3.7, Gráfica de conexión

Características:

- Requerimientos de potencia para el sensor Icount PD

Voltaje: 9-40VDC

Amperios: 120mA

- Requerimientos de potencia para controlador Icount PD

Voltaje: 5VDC

Amperios: 5mA

- Requerimientos de potencia para los periféricos:

Voltaje : 5Vdc

Amperaje: 10mA

En resumen, la fuente debe tener 2 salidas, de 30VDC y de 5VDC.

Cableado eléctrico del sensor Icount PD

Para la conexión eléctrica el sensor Icount PD cuenta con un cable de conexión, el cual a su vez contiene 12 cables, la figura 3.8 muestra los cables internos de conexión

Color del cable	No se ha instalado ninguna opción	Opción 4–20 mA instalada	Opción 0–5V/0–3V instalada
Rojo	Suministro de producto 9–40Vdc	Suministro de producto 9–40Vdc	Suministro de producto 9–40Vdc
Negro	Suministro de producto 0Vdc	Suministro de producto 0Vdc	Suministro de producto 0Vdc
Verde	NO SE UTILIZA	Canal A ISO 4µm (c)	Canal A ISO 4µm (c)
Amarillo	NO SE UTILIZA	Canal B Organización Internacional de Normalización (ISO) 6µm (c) o Normativa Aeroespacial Nacional (NAS) (si se selecciona)	Canal B ISO 6µm (c) o NAS (si se selecciona)
Blanco	NO SE UTILIZA	Canal C ISO 14µm (c)	Canal C ISO 14µm (c)
Azul	NO SE UTILIZA	Canal de sensor de humedad (si se instala)	Canal de sensor de humedad (si se instala)
Marrón	NO SE UTILIZA	4–20mA Suministro 12–20Vdc	0–5V / 0–3V Suministro 12–24Vdc
Violeta (purpura)	NO SE UTILIZA	NO SE UTILIZA	0–5V / 0–3V Suministro 0 Vdc (voltios de corriente continua)
Naranja	Tierra RS232 (* Clavija 5)	Tierra RS232 (* Clavija 5)	Tierra RS232 (* Clavija 5)
Gris	Receptor RS232 (* Clavija 3)	Receptor RS232 (* Clavija 3)	Receptor RS232 (* Clavija 3)
Rosa	Transmisor RS232 (* Clavija 2)	Transmisor RS232 (* Clavija 2)	Transmisor RS232 (* Clavija 2)
Turquesa (cian)	NOT SE UTILIZA	NOT SE UTILIZA	NOT SE UTILIZA

Figura 3.8, Cable de conexión del sensor Icount PD

Diagrama de flujo para el control del sensor lcount PD

La figura 3.9 muestra el diagrama de flujo del controlador lcount PD, tiene dos variables de ingreso externo:

- Ingreso tiempo de lectura en segundos para recibir la señal del sensor lcount PD de niveles de contaminación
- Ingreso código de valores ISO recomendados para el equipo, por parte del técnico especialista.

Para efectos de funcionamiento se ha convenido denominar etapas a las variables señaladas y agregar una tercera etapa: Lectura de valor ISO, en el cuál se trabaja con los valores anteriores de tiempo de lectura y código ISO.

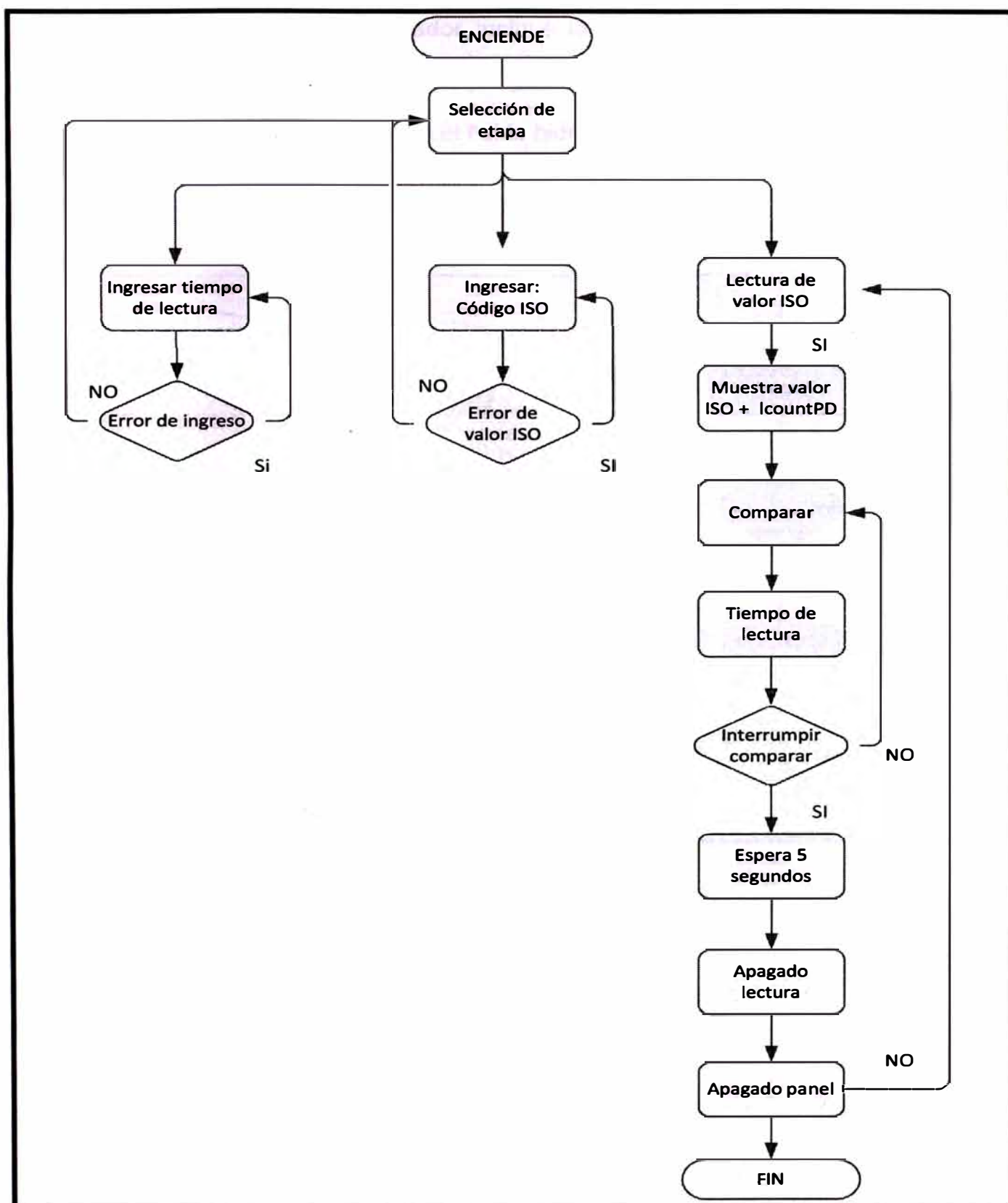


Figura 3.9, Diagrama de flujo para la programación del controlador

La programación del controlador incluye la función “comparar”, que es responsable de comparar el valor seteado (cargado por el técnico) con el valor real del nivel de contaminación que presenta el fluido hidráulico

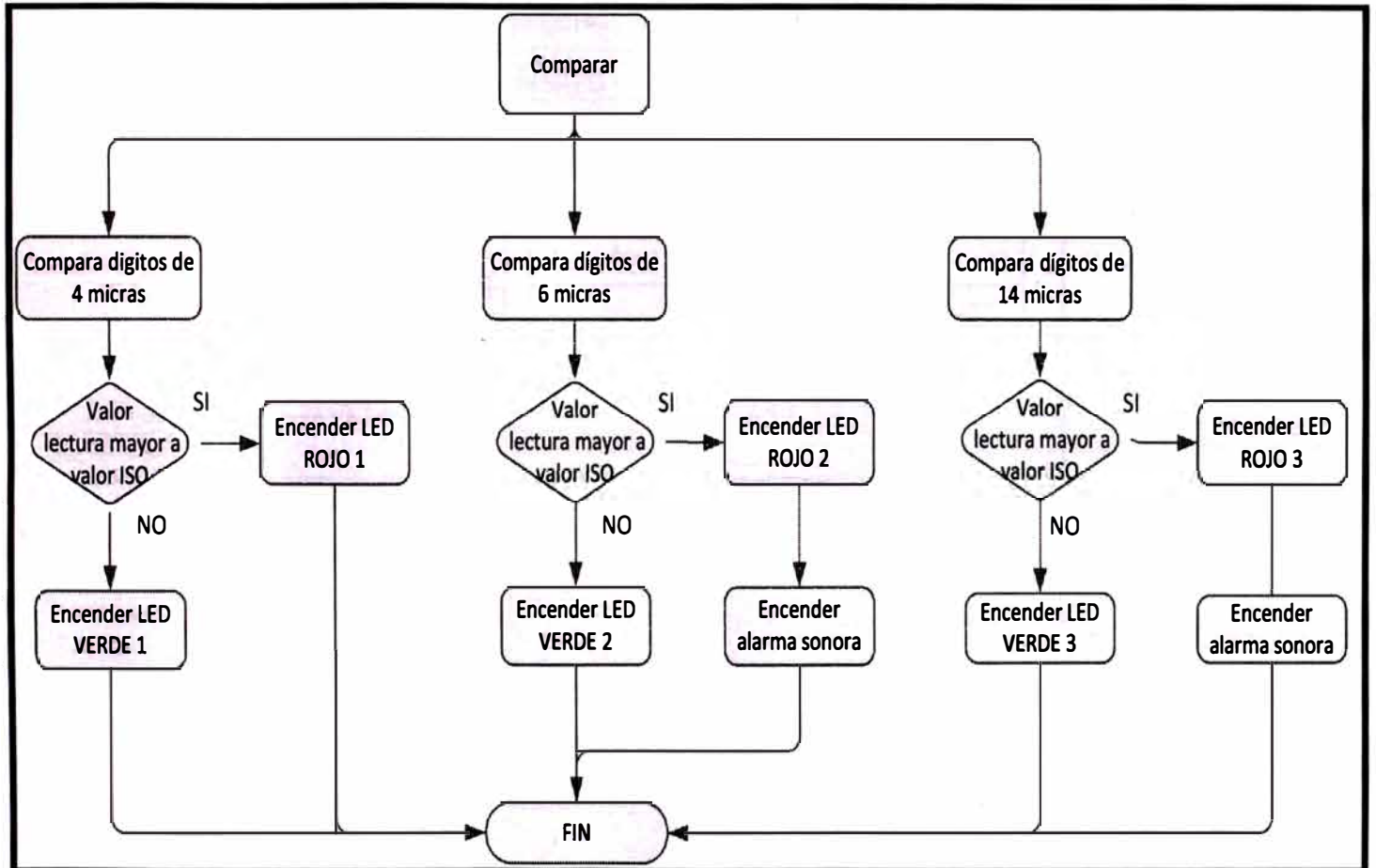


Figura 3.10, Diagrama de flujo de la función comparar

Tablero de control

En la figura 3.10 se muestra el diseño del tablero

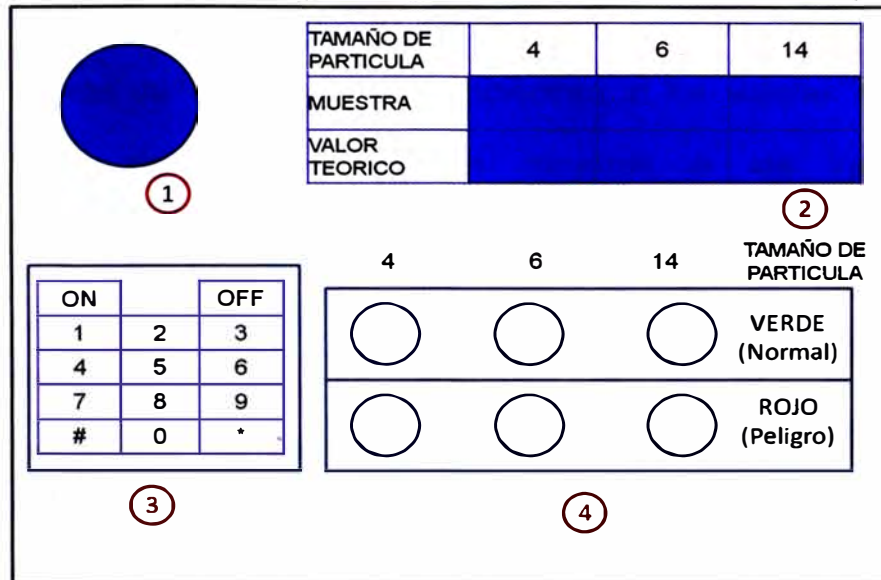


Figura 3.11, Diseño de tablero

Los números encerrados en círculos rojos representan:

- Número 1: Alarma sonora, esta enciende cuando se tiene un número de partícula (valor real de muestra) superior al valor teórico para los tamaños de partícula 14µm.
- Número 2: Pantalla LCD, donde se muestran en 2 filas los números de partículas para los tamaños de 4, 6, 14µm. La primera fila (MUESTRA) indica el número de partículas reales en la muestra que se está analizando, la segunda fila (Valor teórico) muestra los valores teóricos recomendados para el componente específico.
- Número 3: Teclado, a través de él se da el encendido y apagado del tablero, se ingresan los valores teóricos de cantidad de partículas para los tamaños de 4, 6, 14µm recomendados para la aplicación.
- Número 4: Indicadores luminosos, cada indicador luminosos enciende

individualmente por cada tamaño de partícula, la primera fila de color VERDE enciende si los valores de tamaños de partículas de la muestra son menores o iguales a los valores teóricos recomendados. Los indicadores de la segunda fila encienden si los valores de tamaños de partículas de la muestra son mayores a los valores teóricos recomendados.

3.5. PLANOS

Todo el soporte estructural se ha diseñado en fierro negro galvanizado, el material es de construcción A36, es decir, que tiene un punto fluencia de 36000 psi (2530 kgf/cm²). Es decir que por mm² se puede soportar 25.3 Kg.

Se asume el peso total del equipo: 5Kg, para la parte estructural se escoge el ángulo 20 x 20x 2mm, al ser 4 ángulos se puede soportar hasta 8096 Kg de carga.

La figura 3.12 muestra el plano de ensamble, la figura 3.9 muestra el despiece de los componentes internos del equipo

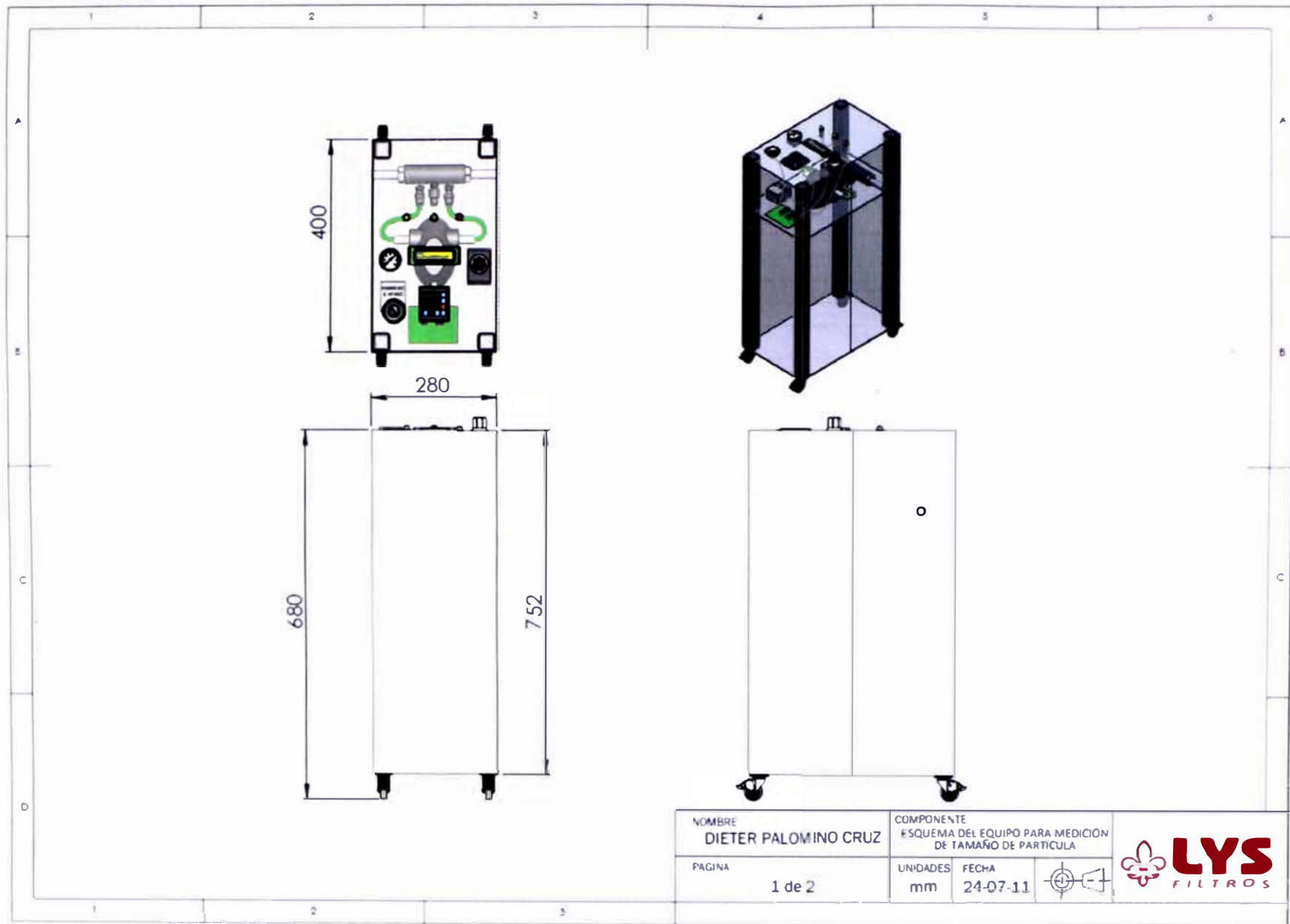


Figura 3.12, Plano de ensamble del equipo. Fuente: diseño propio

La figura 3.13 nos muestra el despiece del equipo con sus componentes principales

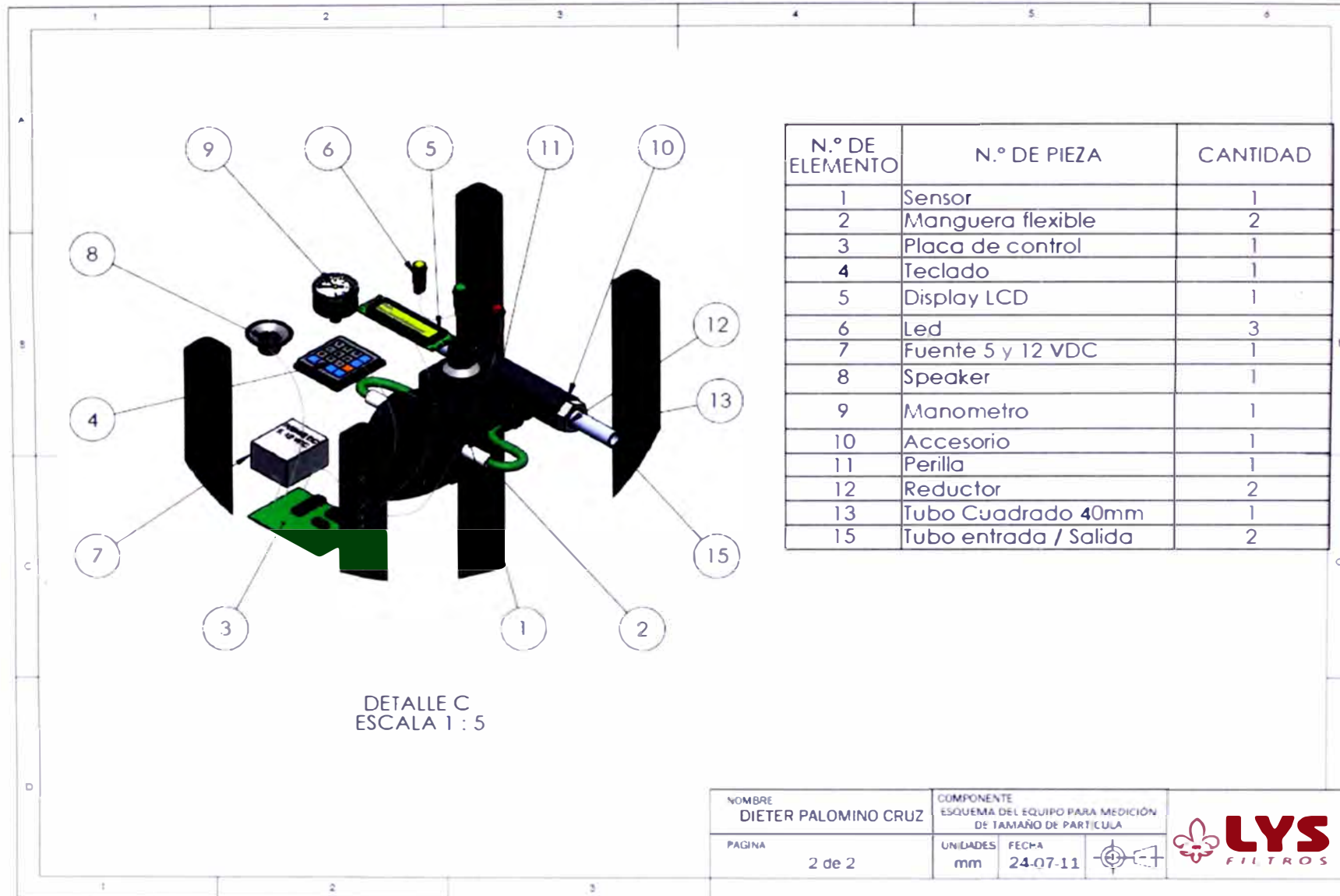


Figura 3.13, Despiece del equipo. Fuente: diseño propio

3.6. MODO DE EMPLEO

Para el correcto funcionamiento es importante seguir el orden de:

- Conexión,
- Encendido del sistema hidráulico,
- Regulación de la diferencia de presión,
- Encendido del tablero de control,
- Ingreso de valores recomendados ISO de contaminación,
- Encendido del equipo lcount PD,
- Activar la lectura de los valores.

Para apagar se sigue el orden inverso:

- Se apaga la lectura,
- Apagado del lcount PD,
- Apagado del tablero de control, para luego apagar el sistema hidráulico y desconectar el equipo del sistema.

Una vez que el equipo está leyendo los valores de contaminación del fluido automáticamente se está comparando dichos valores con los valores recomendados, en este punto se puede dar dos casos de niveles de contaminación por tamaño de partícula 4, 6, 14 μm :

1. Si los valores de contaminación del fluido están por debajo o igual a los valores recomendados, se enciende la luz verde, indicando el buen estado del fluido.

2. Si los valores de contaminación del fluido son mayores a los valores recomendados, se encenderá la luz roja, indicando la necesidad de un micro filtrado, adición de aditivos o cambio de fluido.

La figura 3.9 muestra el funcionamiento del equipo en campo, es decir cuando se conecte y se haga las mediciones de los niveles de contaminación

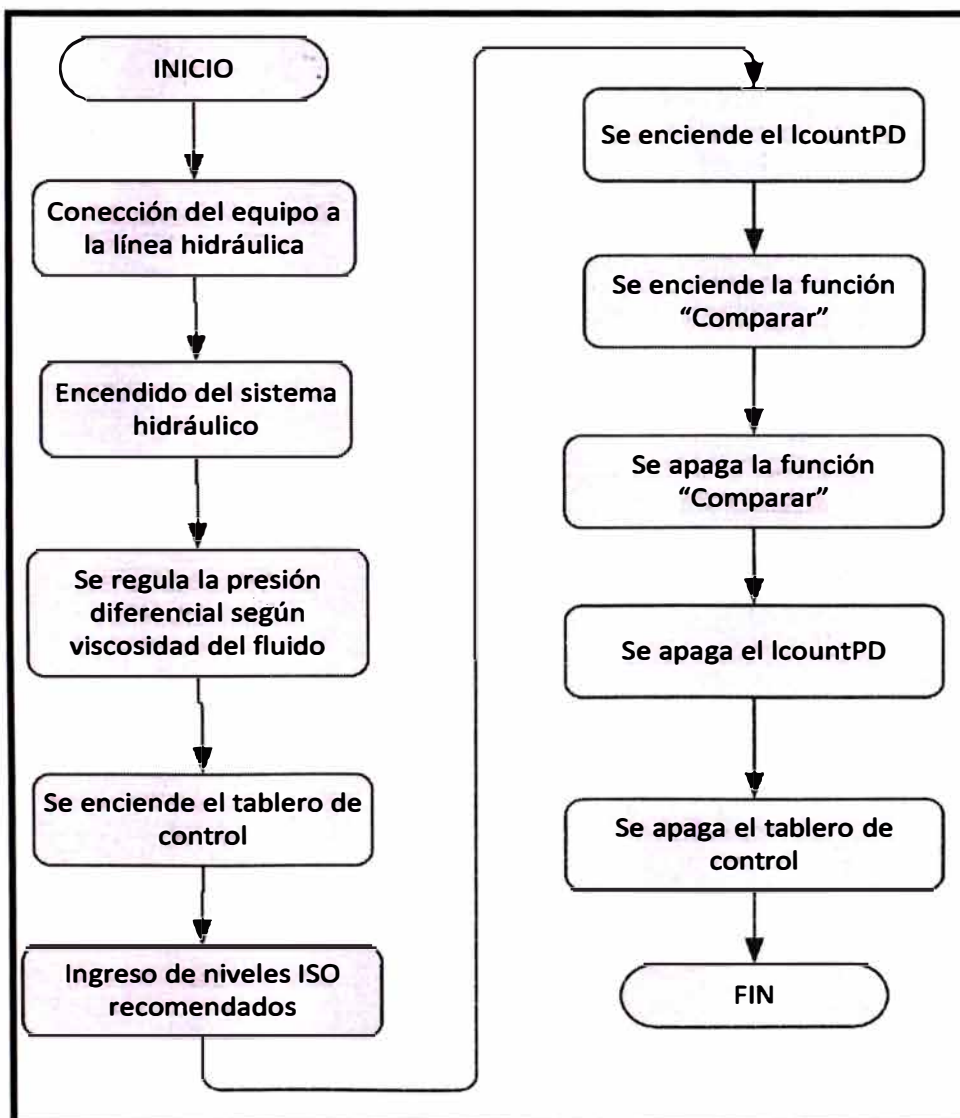


Figura 3.14, Secuencia de funcionamiento del equipo

3.7. DIAGRAMA GANTT

La tabla 3.1 muestra el diagrama Gantt de actividades.

Tabla 3.1 Diagrama Gantt para las actividades planteadas

I	Actividades	Componentes	Respon.	S 1	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11	S 12
01	Importación	System20 cód.STI1144100	Logística		Entrega							
02	Importación	Manómetro diferencial	Logística		Entrega							
03	Importación	lcount PD cód.IPD12323130	Logística		Entrega							
04	Importación	Conectores de prueba M16	Logística		Entrega							
05	Comp. local	Reducciones 3/4X1/2, 1X3/4	Mantto.			Entrega						
06	Comp. local	Válvula de aguja	Mantto.			Entrega						
07	Comp. local	Fuente	Mantto.			Entrega						
08	Comp. local	Mangueras para manómetro y accesorios	Mantto.			Entrega						
09	Comp. local	Controlador	Mantto.		Entrega							
10	Comp. local	Parlante	Mantto.		Entrega							
11	Comp. local	Pantalla LCD	Mantto.		Entrega							
12	Comp. local	Tedado	Mantto.		Entrega							
13	Comp. local	Led	Mantto.		Entrega							
14	Comp. local	Tablero para conexión	Mantto.		Entrega							
15	Comp. local	Accesorios electrónicos	Mantto.		Entrega							
16	Comp. local	Fuente para tablero de control	Mantto.		Entrega							
17	Comp. local	Adaptador batería - fuentes	Mantto.		Entrega							

Tabla 3.1 Diagrama Gantt para las actividades planteadas (Continuación)

I	Actividades	Componentes	Respon.	S 1	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11	S 12
18	Programación	Programación del controlador y configuración de los puertos	Electrónico (Mantto.)						Entrega			
19	Pruebas en laboratorio	Tablero para pruebas de conectividad y pruebas en banco de ensayos	Mantto. Lab.						Entrega			
20	Armado	Armado del equipo	Mantto.								Entrega	
21	Comp. local	Tablero para conexión	Mantto.							Entrega		
22	Comp. local	Batería	Logística							Entrega		
23	Comp. local	Estructura soporte	Tercero								Entrega	
24	Pruebas	Pruebas de operación en laboratorio y campo	Dept. Técnico									Realiza

Fuente: Elaboración propia

Legenda: Mantto.: Mantenimiento, Lab. : Laboratorio

Nota:

1. Se empieza con la etapa de importación, esto porque ya se ha seleccionado los componentes del proyecto

3.8. CONSISTENCIA DE RESULTADOS

La consistencia se dará por comparación de resultados y un error aceptable de una medida en el código ISO.

Para la comparación se utilizará el equipo HIAC 8000, que tiene capacidad de medición del tamaño de partículas 4, 6 y 14 micras.

El procedimiento es:

1. Se instala el equipo en la prensa hidráulica y este va midiendo los valores de tamaño de partícula
2. Luego de finalizado la medición en línea, se toma una muestra del fluido hidráulico.
3. Esta muestra es llevada en un recipiente libre de contaminación para ser analizado por el equipo HIAC 8000.
4. Si el resultado de la lectura por parte del HIAC y el equipo tiene una diferencia máxima de un punto, se concluirá por aceptable el resultado obtenido por el equipo diseñado.
5. Si el error es mayor a un punto, se tendrá que enviar el sensor Icount PD a la fábrica para su re-calibración.

Haciendo una simulación de las mediciones de conteo de tamaño de partículas a las prensas hidráulicas se tendría:

Parámetros de ensayo:

- Cantidad de muestreo: 6 / prensa / mes
- Tiempo de conexión de equipo a prensas: 6 horas 9 - 3pm
- Periodo de lectura del equipo: 10 minutos
- Tipo de promedio: Aritmético
- Toma de valor ISO: Bomba de engranajes

Escogemos como parámetro para la toma de valor ISO límite a la bomba de engranajes, los componentes como bocinas y retenes son de sello y para desgaste.

En la tabla 3.2 se observan valores recomendados por especialistas en el campo de la tribología y lubricación.

Tabla 3.2 Valores recomendados por especialistas en tribología y lubricación:

Componente	Valores ISO recomendado	Límite	Compañía
Motores / Bombas de engranajes	19/17/14	Máximo	Wearcheck Ibérica
Motores / Bombas de engranajes	21/18/15	Máximo	Argo - Hytos

Fuente: Elaboración propia

Nota:

- La institución Wearcheck Ibérica, está dedicada al mundo de la lubricación y mantenimiento de maquinaria, análisis de lubricantes y combustibles, así como proyectos de I+D relacionados

- La compañía Argo – Hytos es una compañía especialista en fabricar de componentes hidráulicos para la industria y automovilismo

Nosotros tomaremos como valores límites el código ISO: 21/18/15, esto debido a la antigüedad de las prensas que en promedio supera los 20 años.

La tabla 3.3 muestra valores ejemplos, luego se saca el promedio de todas las lecturas realizadas en las 6 horas de lectura de conteo de tamaño de partícula, que se podrían tener al realizar el conteo de tamaño de partícula en las prensas hidráulicas con el equipo diseñado.

Tabla 3.3 Valores de conteo de tamaño de partícula de las prensas hidráulicas

Prensa Hidráulica	E1	E2	E3	E4	E5	E6	N. fuera del límite	Cumple valor ISO
PRH-01	20/17/12	21/17/12	22/17/12	22/17/12	24/18/14	24/18/15	0	100%
PRH-02	22/19/17	22/19/17	22/17/14	22/17/14	23/18/15	24/18/15	2	67%
PRH-03	23/20/17	22/19/17	22/19/17	22/19/17	22/19/17	22/18/15	4	33%
PRH-04	20/17/12	21/17/12	22/17/12	22/17/12	24/18/14	24/18/16	1	83%
PRH-05	20/17/12	21/17/12	22/17/12	22/17/12	24/18/14	24/18/15	0	100%
PRH-06	20/17/12	21/17/12	24/18/14	22/17/12	22/17/12	24/18/15	0	100%

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Ex: Ensayo de conteo de tamaño de partícula

PRH: Prensa hidráulica

La figura 3.15, muestra el reporte en el que se entregara los resultados del análisis del fluido hidráulico

REPORTE DE MEDICIONES DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN
N° xxxx/ 2011

Fecha: _____

1 Datos de la empresa

Nombre _____	Persona _____	
Dirección _____	Cargo _____	
	Número de muestras _____	

2 Datos del fluido

Nombre _____	N Muestra _____
Aplicación _____	

3 Resultados de las pruebas realizadas

COMPARACIÓN DE NIVELES DE CONTAMIANCIÓN RECOMENDADO Y REAL

The graph shows three vertical dashed lines representing recommended ISO levels at particle sizes 4, 6, and 14. The y-axis represents the ISO value, ranging from 10 to 24. A single horizontal line represents the real measured contamination level, which is consistently at the ISO 10 level across all particle sizes.

4 Recomendación

5 Conclusión

Jefe de Laboratorio

Jefe de Calidad

Figura 3.15 Reporte de análisis de la muestra de aceite

CAPITULO IV

ESTUDIO ECONÓMICO

4.1. INTRODUCCIÓN

El mercado ofrece diversos equipos que son para laboratorios y por ende estacionarios, tienen la ventaja de detectar y contar tamaños de partículas de 4, 6, 14 y además tamaños de partículas de 20, 50, 100 y más, pero con la desventaja que no pueden instalarse en línea, es decir, es forzoso la toma de muestras en los depósitos de los fluidos para poder analizarlos. Estos equipos están por el orden de los **US\$ \$ 20 000.00** más gastos de importación que en promedio va por el orden del 30% adicional al valor del equipo, dando un aproximado de: **\$ 26 000.00**

Dichos equipos para ser aplicados en el campo presentan dificultades en su transporte, y manejo por personal especializado, por tanto una alternativa a esto es diseñar un equipo transportable, de bajo costo comparativo y de fácil uso.

4.2. ESTUDIO DE MERCADO

Nuestro segmento enfocado para una primera fase es la línea amarilla, es decir, maquinaria pesada, la figura 4.1 muestra el crecimiento de las importaciones de maquinaria pesada desde 1998 hasta Sept. 2010 – Fuente: COMSUCOM

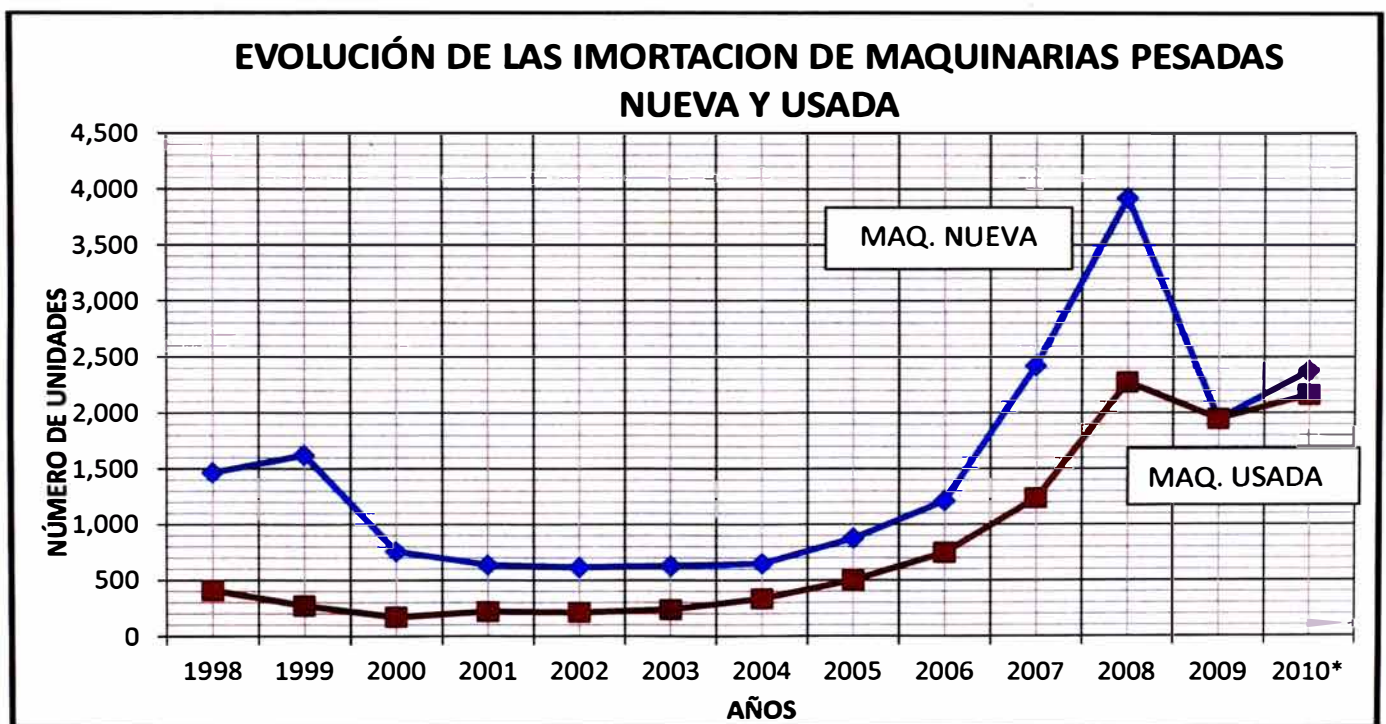


Figura 4.1 Evolución de las importaciones 1998 a Septiembre 2010

En la tabla 4.1 resume las importaciones hechas desde el año 1999 hasta Septiembre 2010, sin tomar en cuenta la maquinaria ya instalada en el país y los datos de baja.

Tabla 4.1 Maquinaria importada desde 1998 hasta Septiembre 2010

	Importación Usados	Importación Nuevos
Tractores	2401	6882
Topadoras	285	1180
Compactadoras	682	1659
Cargadores	3861	4749
Excavadoras	3239	3467
Motoniveladoras	285	1198
Total	10753	19135

Fuente: COMSUCOM

En total observamos un mercado total de: 29888 unidades que usan fluidos Hidráulicos, esto sin considerar:

- Equipos ya instalados antes del año 1998
- Equipos dados de baja
- Equipos importados después de Septiembre de 2010

Para el presente proyecto consideramos el 0.6% del total de importaciones realizadas en las fechas mencionadas, es decir, tenemos un mercado receptivo de 170 unidades. Se escoge este porcentaje por recomendaciones de expertos emprendedores de negocios.

4.3. PRESUPUESTO DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

4.3.1. Presupuesto para componentes hidráulicos

Tabla 4.2 Presupuesto para componentes hidráulicos

Ítem	Componente	Descripción	Unid.	Costo/uni.	Sub total
01	System20	Tamaño 1 diámetro de conexión: 3/4" Rango de flujo: 20-100 l/min Tipo de fluido: Aceite mineral	1	S/. ,473.0	S/. 2,473.0
02	Manómetro diferencial	0-1 bar / 100 Kpa resolución: 0.1 bar / 10 Kpa Dial: 6" conexión: 1/2"	1	S/.1 ,680.0	S/. 1,680.0
03	Reducciones	3/4 x 1/2", galvanizado	2	S/. 100.0	S/. 200.0
04	Reducciones	1/2 x 1/4", galvanizado	2	S/. 100.0	S/. 200.0
05	Válvula de aguja	Diámetro de conexión 1/4"	1	S/. 250.0	S/. 250.0
06	Icount PD	IPD12312130 Pantalla LCD, comunicación RS232, salida 0-5mV	1	S/. ,150.0	S/. 9,150.0
07	Conectores	Conectores de prueba M16	4	S/. 20.0	S/. 80.0
08	Fuente	Entrada 220V, 1.5 A, 60Hz Salida: 9-40Vdc, 120mA (cargador de batería)	1	S/. 500.0	S/. 500.0
09	Accesorios	Accesorios de conexión hidráulica mangueras para detector y manómetro	1	S/. 200.0	S/. 200.0
10	Gastos imprevistos (5%)	Soporte para el detector y sistema de control	1	S/. 740.0	S/. 740.0
				Sub Total	S/. 15,473.0
				IGV	S/. 2,785.1
				Total	S/. 18,258.1

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Presupuesto para componentes electrónicos

Tabla 4.3 Presupuesto para componentes electrónicos

Ítem	Componente	Descripción	Unid.	Costo/UNI	Sub total
01	Controlador DSPIC 30F4011	40 pines, puertos de entrada analógico, puertos de salida digital	1	S/. 50.0	S/. 50.0
02	Parlante	Diámetro 3cm voltaje: 24VDC	1	S/. 20.0	S/. 20.0
03	Pantalla LCD	Dimensiones voltaje: 5Vdc	1	S/. 50.0	S/. 50.0
04	Teclado	Alfanumérico	1	S/. 20.0	S/. 20.0
05	Led	Color verde 5V, 0.1W	3	S/. 50.0	S/. 150.0
06	Led	Color rojo 5V, 0.1W	3	S/. 50.0	S/. 150.0
07	Tablero para conexión	Para conectar los dispositivos electrónicos	1	S/. 100.0	S/. 100.0
08	Accesorios electrónicos	Accesorios para conexión de tablero, cables colores: azul, rojo, amarillo, verde, celeste longitud: 10 m c/u soldadura,	1	S/. 200.0	S/. 200.0
09	Fuente para de control	Regulador: Salida: 5V.	1	S/. 150.0	S/. 150.0
10	Batería (Pilas)	Salida 5V , 25V	1	S/. 200.0	S/. 200.0
11	Adaptador batería fuentes	Convertidor de voltaje para sensor lcount PD y tablero de control	1	S/. 500.0	S/. 500.0
12	Gastos imprevistos (20%)	Soporte para el detector y sistema de control	1	S/. 318.0	S/. 318.0
				Sub Total	S/. 1,908.0
				IGV	S/. 343.4
				Total	S/. 2,251.4

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Presupuesto para ensamble y presentación

Tabla 4.4 Presupuesto para ensamble y presentación

Ítem	Componente	Descripción	Unid.	Costo/uni	Sub total
01	Estructura soporte	Soporte para el detector y sistema de control	1	S/. 500.0	S/. 500.0
02	Acabado	Acabado y presentación	1	S/. 100.0	S/. 100.0
Sub Total					S/. 600.0
IGV					S/. 108.0
Total					S/. 708.0

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto total es de: S/. 21 432.34 nuevos soles.

Para los cálculos de presupuesto se ha tenido en cuenta:

- Porcentaje para gastos imprevistos, para el caso de componentes hidráulicos el 5% y en el caso de los componentes electrónicos el 20%, esto último por ser componentes que si son mal manipulados pueden ocasionar retrasos.
- El costo de mano de obra igual a cero, por ser personal de la empresa.

Si realizamos una comparación entre comprar un equipo lo más parecido al que queremos construir (se ha buscado en el mercado y no existe el equipo) tendríamos unos costos muy altos. La tabla 4.3, muestra el resumen comparativo entre importar dicho equipo un equipo y construir uno de forma local.

Tabla 4.5 Comparación de detectores de partículas

	EQUIPO DE DETECCIÓN DE PARTÍCULAS	
	EN EL MERCADO	A IMPLEMENTARSE
Costo	S/. 72,8000.00	S/. 21,432.00
Fabricación	No	Si
Tiempo importación (semanas)	6	6
Tiempo instalación (semana)	1	6
Transportable	No	Si
Análisis en línea (campo)	No	Si
Representante en Perú	No	Si
Soporte (Mantenimiento)	Representante en otro país	Personal de planta
Costo calibración	S/. 7,000.00	S/. 4,200.00

Fuente: Elaboración propia

Las principales desventajas de trabajar con el equipo importado son:

- Más del triple en costo comparado con el equipo a implementar
- No trabaja en línea, es decir en campo, son diseñados para trabajar en laboratorio
- No se cuenta con respaldo local, es necesario llevar el equipo al exterior para un mantenimiento imprevisto

4.4. FLUJO DE CAJA

Detalles a tener en cuenta para el flujo de caja

- Gastos de implementación de equipo, costos fijos, costos por servicio, ver tabla 4.4.

Tabla 4.6 Gastos fijos, y costos

Costo	Descripción	Valor	Total
Fijo	Ayudante	S/. 600.00	S/. 1,800.00
	Técnico	S/. 1,200.00	
	Calibración	S/. 4,200.00	S/. 4,200.00
Costo de servicio unitario	transporte	S/. 50.00	S/. 150.00
	Viáticos personal	S/. 80.00	
	mantenimiento	S/. 20.00	
Inversión	1 Equipo	S/. 21,432.00	S/. 21,432.00

Fuente: Elaboración propia

- Ventas, precio del servicio, depreciación, impuestos, capital de trabajo y la consideración del crecimiento anual en ventas, esto se puede apreciar en la tabla 4.5.

Tabla 4.7 Especificaciones para el desarrollo del flujo de caja

Descripción	Cantidad
Ventas/año	170 unidades
Precio unitario	S/. 450.00
Costo unitario	S/. 150.00
Costos fijos	S/. 29,400.00
Inversión	S/. 21,432.00
Depreciación	5 años
Impuestos	35%
Tasa de descuento.	20%
Capital de trabajo	S/. 10,000.00
Crecimiento venta anual	10%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.5 se apreciar el flujo de caja

Tabla 4.8 Flujo de caja

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas / año		170	187.0	205.7	226.3	248.9	273.8	301.2	331.3	364.4	400.9
Ingresos		76,500.00	84,150.00	92,565.00	101,821.50	112,003.65	123,204.02	135,524.42	149,076.86	163,984.54	180,383.00
Costos de ventas		(25,500.00)	(28,050.00)	(30,855.00)	(33,940.50)	(37,334.55)	(41,068.01)	(45,174.81)	(49,692.29)	(54,661.51)	(60,127.67)
<i>Utilidad bruta</i>		<i>51,000.00</i>	<i>56,100.00</i>	<i>61,710.00</i>	<i>67,881.00</i>	<i>74,669.10</i>	<i>82,136.01</i>	<i>90,349.61</i>	<i>99,384.57</i>	<i>109,323.03</i>	<i>120,255.33</i>
Costos fijos		(29,400.00)	(29,400.00)	(29,400.00)	(29,400.00)	(29,400.00)	(29,400.00)	(29,400.00)	(29,400.00)	(29,400.00)	(29,400.00)
Depreciación		(4,286.40)	(4,286.40)	(4,286.40)	(4,286.40)	(4,286.40)	-	-	-	-	-
<i>Utilidad operativa</i>		<i>17,313.60</i>	<i>22,413.60</i>	<i>28,023.60</i>	<i>34,194.60</i>	<i>40,982.70</i>	<i>52,736.01</i>	<i>60,949.61</i>	<i>69,984.57</i>	<i>79,923.03</i>	<i>90,855.33</i>
Impuestos		(6,059.76)	(7,844.76)	(9,808.26)	(11,968.11)	(14,343.95)	(18,457.60)	(21,332.36)	(24,494.60)	(27,973.06)	(31,799.37)
<i>Utilidad neta</i>		<i>11,253.84</i>	<i>14,568.84</i>	<i>18,215.34</i>	<i>22,226.49</i>	<i>26,638.76</i>	<i>34,278.41</i>	<i>39,617.25</i>	<i>45,489.97</i>	<i>51,949.97</i>	<i>59,055.97</i>
Depreciación		4,286.40	4,286.40	4,286.40	4,286.40	4,286.40	-	-	-	-	-
<i>Capital de trabajo</i>	(10,000.00)					10,000.00					
Inversión	(21,432.00)										
Flujo neto de caja	(31,432.00)	15,540.24	18,855.24	22,501.74	26,512.89	40,925.16	34,278.41	39,617.25	45,489.97	51,949.97	59,055.97

Fuente: Elaboración propia

4.5. VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tabla 4.6 muestran los valores VAN y TIR tomando como base el flujo de caja (tabla 4.5).

Tabla 4.9 Flujo de caja

VAN 5 años	36,866.78	TIR 5 años	58%
VAN 10 años	89,588.63	TIR 10 años	68%

Fuente: Elaboración propia

Con los valores obtenidos, podemos concluir con la viabilidad del proyecto, esto por tener un VAN positivo y tener un TIR mayor al ofrecido por las entidades bancarias

CONCLUSIONES

Considerando los datos obtenidos en la tabla 16, haciendo la comparación con el HIAC 800 y obteniéndose que los valores estén dentro del rango establecido, se puede concluir:

1. Se ha realizado la integración de un equipo para la medición de tamaño de partículas en forma continua de fluidos hidráulicos
2. Se logra validar los resultados de los ensayos de tamaño de partícula para 6 máquinas hidráulicas

RECOMENDACIONES

1. Tabla 2.12 Código de limpieza ISO recomendados.
2. para un periodo de 5 años, se recomienda continuar con un estudio de mercado más profundo sobre la posibilidad de promocionar el servicio de conteo de partículas como parte de un mantenimiento predictivo.

BIBLIOGRAFIA

1. Needelman, W. N., CRC Handbook of Lubrication and Tribology, ed. E. Booser, Vol. III (Filtration), pp. 71-87, 1999
2. Rabinowicz, E., Lecture presented to the American Society of Lubricating Engineers, Bearing Workshop, 1981.
3. Universidad Centro Americana "JOSE SIMEON CAÑAS" - MECANICA DE FLUIDOS II
4. HIDRA FILTER, Hidráulica Filtración – Cambios en la norma ISO para las inminentes tecnologías de filtración, por D. Joaquín Aguilar Algora
5. The importance of the contamination control in hydraulics and lubricant fluids, Company: Oscar Entin filtration Industrial, fecha: July 20 2004
6. Control de la contaminación en los sistemas hidráulicos, UFI HYDRAULIC DIVISION – PLANET FILTERS SPA 2005
7. Sistemas hidráulicos de Potencia Ing. Miguel Mota Buch
8. Mantenimiento Predictivo Proactivo a través del análisis del aceite - Marzo 2002 – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
9. Manual técnico de aceites GULF
10. Viscosidad http://es.wikipedia.org/wiki/Unidades_de_viscosidad
11. Boletín Mensual sobre Lubricación y Mantenimiento N°3 Abr-2004
www.wearcheckiberica.es

PLANOS

La figura 24 muestra el plano de la primera versión de desarrollo del equipo

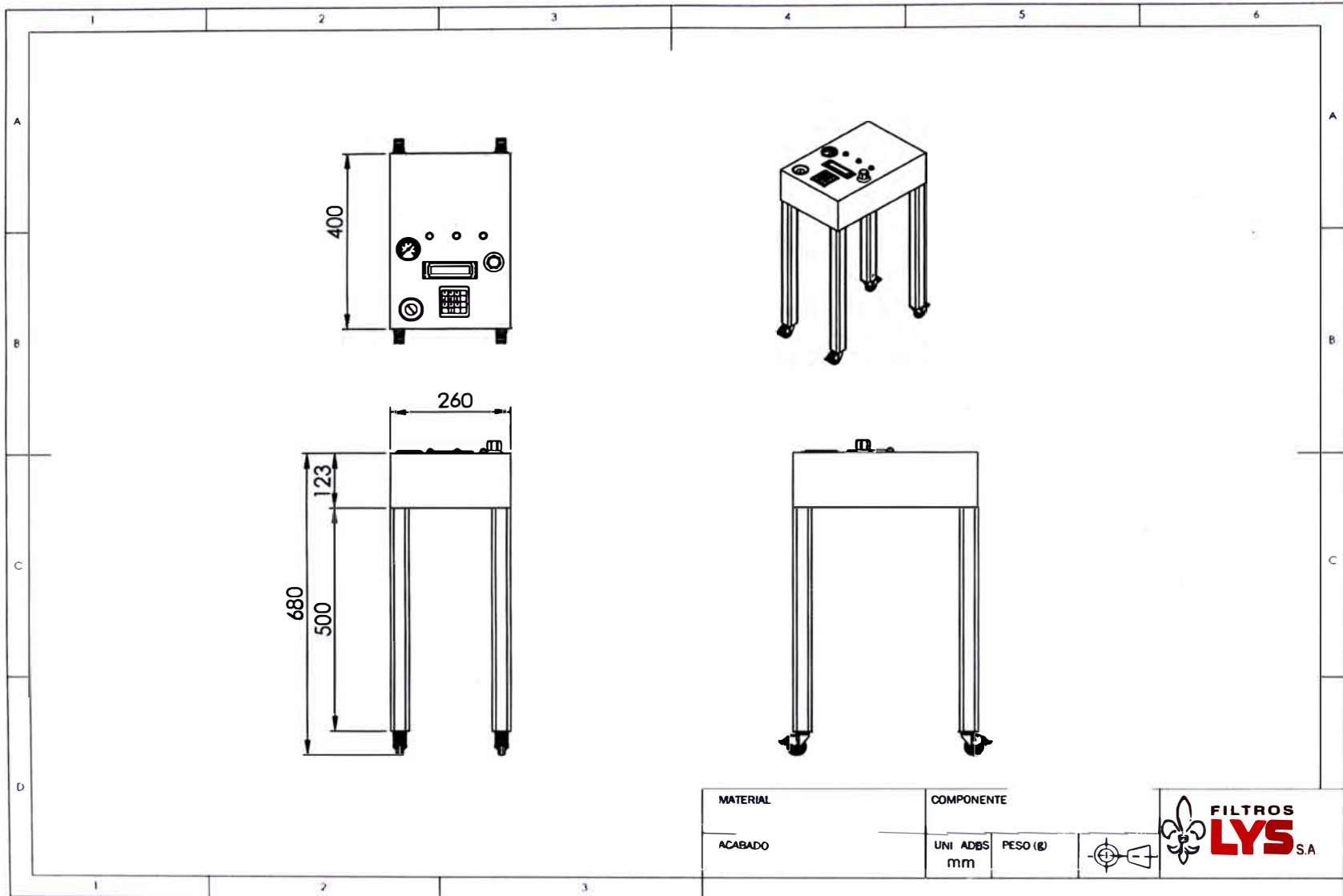


Figura 24, Versión primera del equipo.

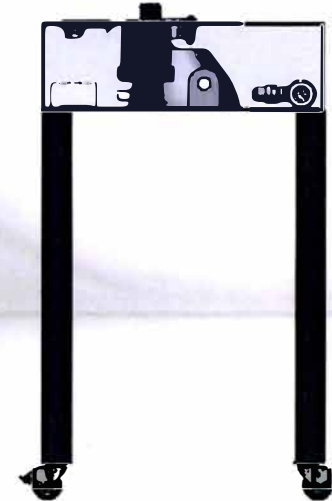
La figura 25 muestra los diseños 3D de la primera versión del equipo



*Trimétrica



Figura 25,
Diseño 3D
de la
versión 1
del
equipo -
estructura



La figura
26,
muestra
la
segunda
versión ya
aprobada

para su fabricación del equipo

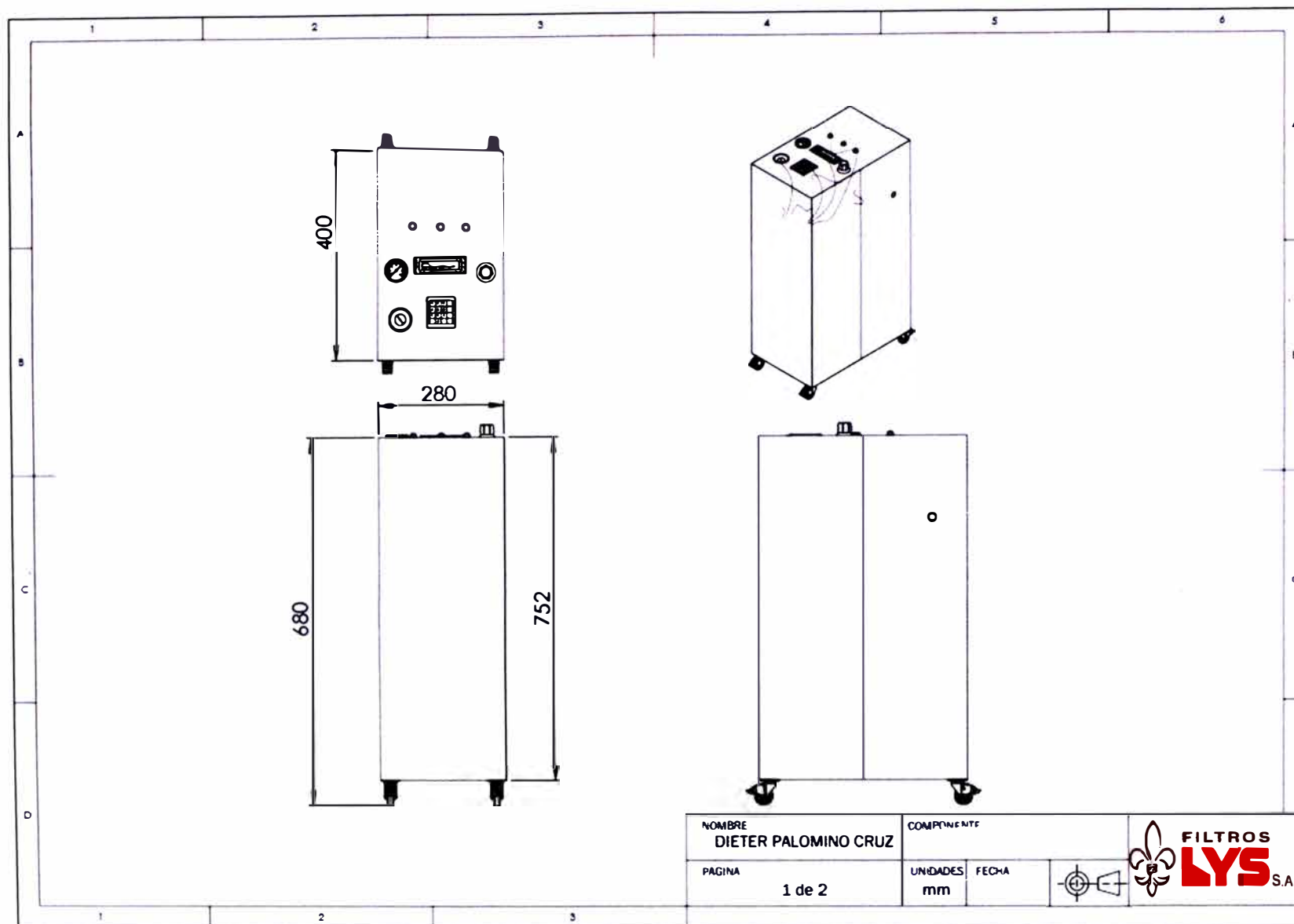


Figura 26, Segunda versión del equipo

La figura 27, muestra los componentes principales del equipo

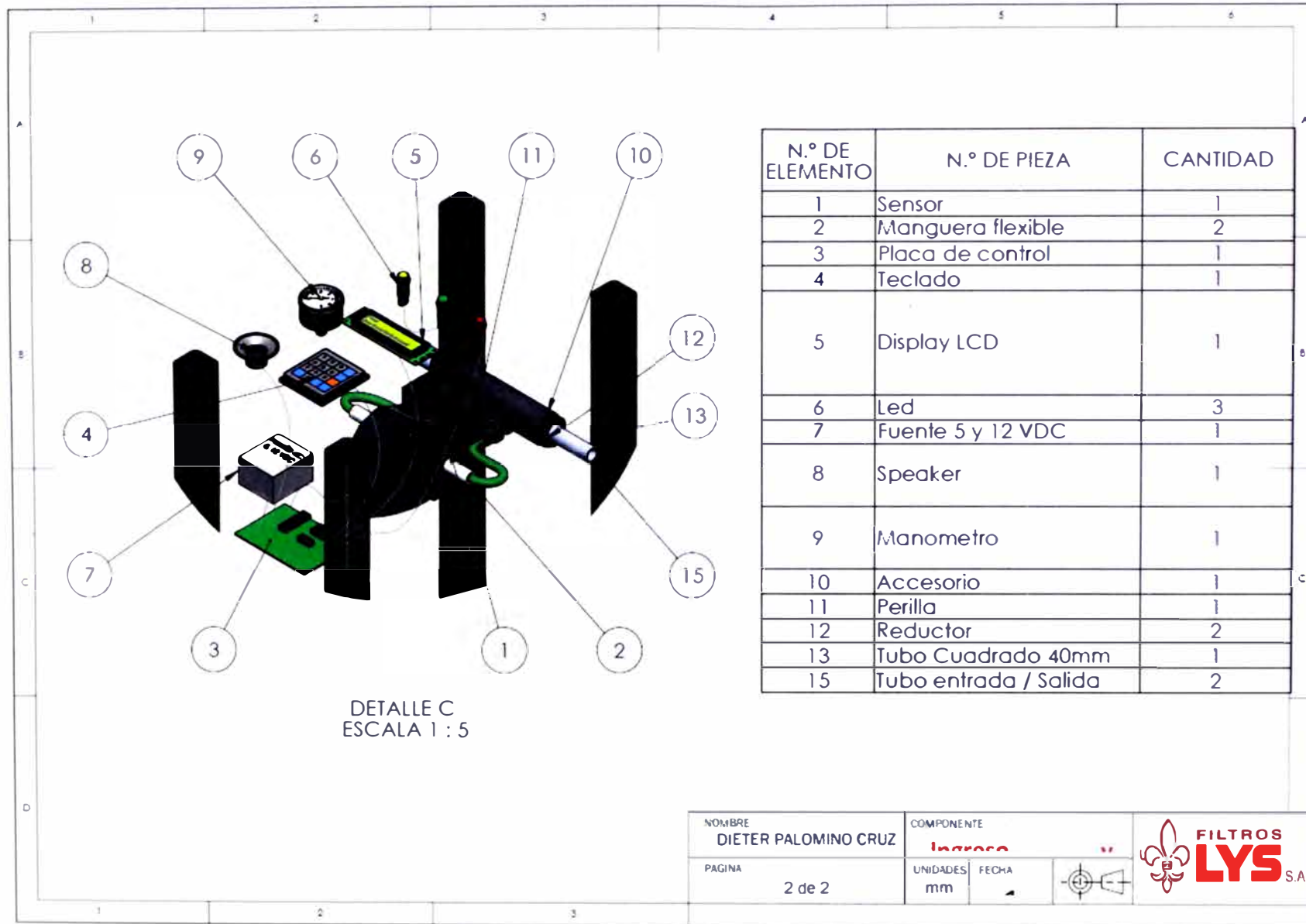


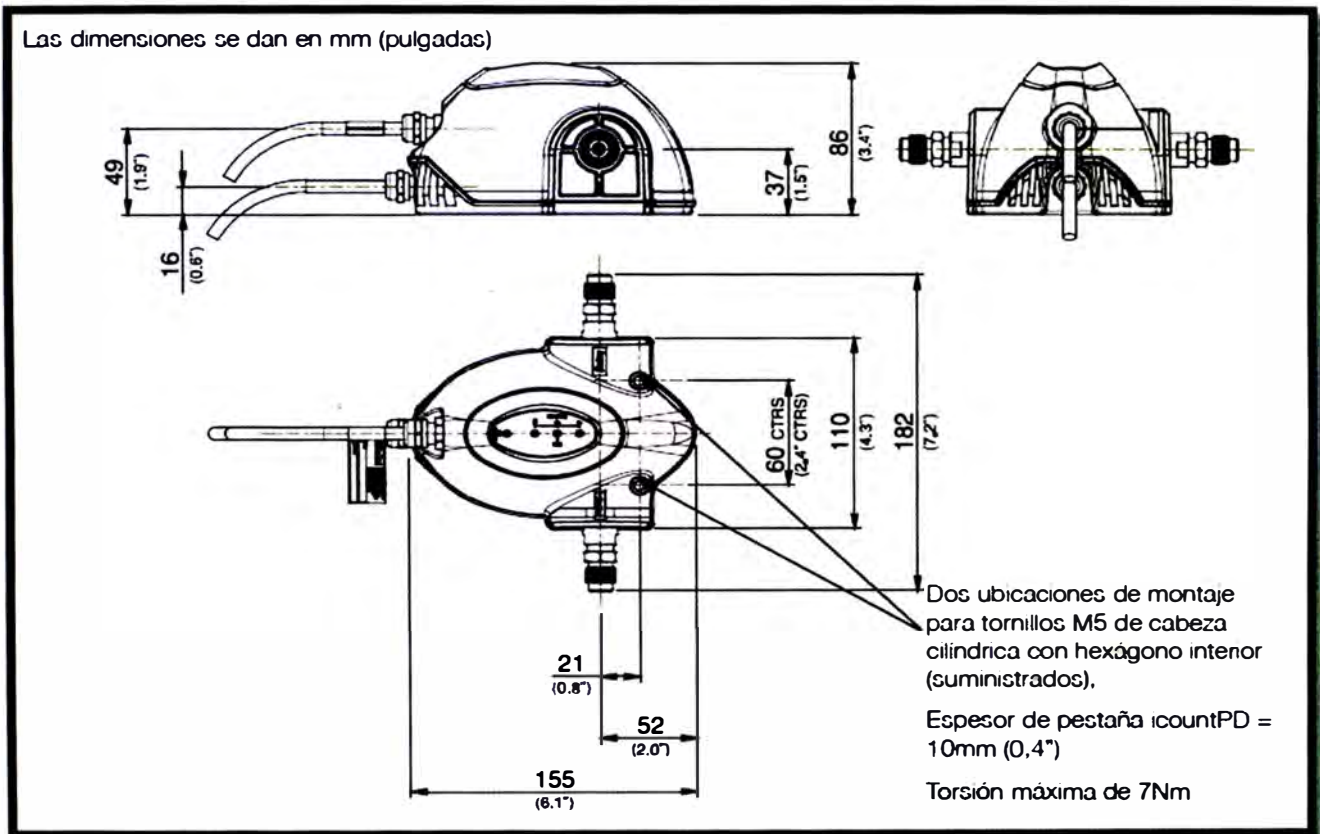
Figura 27, Despiece del equipo

ANEXOS

Especificaciones técnicas del sensor Icount PD

Característica	Especificación
Tiempo de inicio del producto	Mínimo de 5 segundos
Periodo de medida	5–180 segundos
Intervalo de informe	0–3600 segundos a través de la comunicación de conexión RS232
Principio operativo	Detección óptica de Diodo Láser de partículas existentes
Códigos internacionales	ISO 7 – 22, NAS 0 – 12
Calibración	Por métodos reconocidos online que han sido confirmados por los relevantes procedimientos de la Organización Internacional de Normalización (ISO). MTD – (polvo medio para pruebas) – A través de un detector de partículas automático primario ISO 1117 utilizando principios ISO 11943, con una comunicación de distribución de partículas según ISO 4406:1996 ACFTD – (polvo fino para pruebas de limpieza de aire) – cumpliendo los principios de ISO 4402 con una comunicación de distribución de partícula según ISO 4406:1996
Re-calibración	Póngase en contacto con Parker Hannifin
Presión de trabajo	2–420 bar (30–6000 PSI – unidades de presión)
Rango de flujo a través del icountPD	40–140 ml/min (flujo óptimo de 60 ml/min) (0,01 – 0,04 USGPM (galones USA por minuto) (flujo óptimo 0,016 USGPM))
Rango de flujo online a través de sensores System 20	Tamaño 0 = 6 a 25 l/min (2–7 USGPM) Tamaño 1 = 24 a 100 l/min (6–26 USGPM) Tamaño 2 = 170 a 380 l/min (45–100 USGPM)
Temperatura ambiente de almacenaje	–20°C a +40°C (–4°F a +104°F)
Temperatura operativa ambiental	+5°C a +60°C (+41°F a 140°F)
Temperatura operativa del fluido	+5°C a +80°C (+41°F a 176°F)
Compatibilidad del ordenador	Parker recomienda el uso de un conector tipo-D de 9 direcciones que se puede conectar a un puerto USB utilizando un adaptador USB serial. Tenga en cuenta que estos conectores/adaptadores NO se suministran con las unidades icountPD: póngase en contacto con Parker Hannifin para recibir asesoramiento.
Calibración de sensor de humedad	±5% RH (humedad relativa) (rango de temperatura sobre-compensada de +10°C a +80°C)
Rango de humedad operativa	5% RH a 100% RH
Estabilidad de sensor de humedad	±0.2% RH típica en 50% RH durante un año
Requisito de suministro eléctrico	9–40 Vdc regulado
Cualificación corriente	Típicamente 120 mA
Certificación	Cualificación IP66 Haga referencia a la Declaración de Conformidad de la UE (Unión Europea) (página 2).

Dimensiones para la instalación del equipo Icount PD



Cotización de sensores: Icount PD y system200



Cotización N° : 14006

Emisión : 17/12/2010 Vencimiento : 01/01/2011

ENASERDI S R LTDA
Atn. Sr. Dieter Palomino
Fono : 533817 Fax :

MANGUERA PUNTO DE PRUEBA 800 mm	S/. 220.90 C/U X 02 UNID.	S/	12.619.51
SYSTEM 20 TURBINA	S/.2472.54		
ICOUNT	S/.9150.00		
CABLE M12 ICOUNT	S/. 555.17		

	Neto	S/	12.619.51
	IGV	S/	2.397.71
	Total	S/	15.017.22

Observaciones:

Condiciones de Venta:

Plazo de Entrega : 4-5 semanas

Forma de Pago : A convenir

Garantía :

Validez Presupuesto : 30 días

Emitido por: Roberto Monteverde Basso
monteverde@hdi.com.pe
51-1-6135252

DIRECCION: Av. Elmer Faucett 735 - Callao - Perú
TELEFONO: 613-5252
FAX: 613-5255