



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica**

# **DISEÑO DE MAQUINA PARA LIMPIEZA DE CIRCUITOS OLEO-HIDRAULICOS**

**Seminario de Título presentado en  
conformidad a los requisitos para  
obtener el título de Ingeniero de  
Ejecución en Mecánica.**

**Profesor Guía:  
Sr. Vicente Pita Vives**

**Jaime Andrés Muñoz Paredes  
Fernando Héctor Rubilar Pineda  
2015**

**CONTENIDOS**

<b>Resumen</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
<b>Objetivo General</b> .....	3
<b>Objetivos Específicos</b> .....	3
<b>Capítulo N°1 Estudio de Normas Pertinentes</b> .....	4
1.1 Código de niveles de limpieza.....	5
1.1.1 ISO 4406:1999.....	5
1.1.2 Código de contaminación sólida ISO.....	6
1.1.3 NAS 1638.....	7
1.2 Muestreo.....	9
1.2.1 Proceso para tomar una muestra de aceite.....	9
1.2.2 Aplicaciones de los contadores de partículas.....	10
1.3 Interpretación del valor de conteo de partícula.....	11
1.3.1 Interpretación de los resultados.....	11
1.3.2 Grados de limpieza necesarios para diferentes máquinas.....	14
<b>Capítulo N°2 Antecedentes de Limpieza de Circuitos</b> .....	16
2.1 Descripción.....	17
2.2. Importancia de su aplicación.....	17
2.3. Procedimientos de limpieza en circuitos oleo-hidráulicos.....	18
2.4 Clasificación de las aplicaciones de un proceso de limpieza.....	18
2.5 Viscosidad.....	19
2.5.1 Viscosidad dinámica o absoluta.....	19
2.5.2 Viscosidad cinemática o comercial.....	20
2.5.3 Viscosidad aparente.....	20
2.6 Número de Reynolds.....	20
2.7 Características de aceites Shell Tellus.....	22
2.8 Consideraciones y características de los circuitos de interés.....	23
2.9 Lugares que se realizan limpiezas con mayor frecuencia.....	23
<b>Capítulo N°3 Estudio de Necesidades</b> .....	25
3.1 Potencia eléctrica.....	26
3.2 Presión necesaria.....	26
3.3 Caudal requerido.....	27
3.4 Pérdidas de carga.....	27
3.5 Análisis de características de circuitos típicos.....	30
3.6 Conclusión.....	37
3.7 Potencia del motor eléctrico.....	39
3.8 Capacidad de estanque.....	40

<b>Capítulo N°4 Diseño de Máquina</b> .....	41
4.1 Esquema isométrico máquina de limpieza de circuito.....	42
4.2 Diseño de máquina de limpieza.....	43
4.2.1 Bomba doble de Paleta.....	44
4.2.2 Motor eléctrico.....	47
4.2.3 Conexión motor eléctrico.....	50
4.2.4 Circuito de descarga de bomba T7EE.....	50
4.2.5 Estanque.....	52
4.2.6 Accesorios.....	53
4.3 Estructura de soporte.....	57
4.3.1 Peso de la Máquina.....	60
4.3.2 Selección de Rueda.....	60
4.4 Funcionamiento.....	61
<b>Capítulo N°5 Estudio Financiero</b> .....	62
5.1 Moneda a utilizar.....	63
5.2 Tipo de financiamiento.....	63
5.3 Inversión inicial.....	63
5.3.1 Activos fijos.....	63
5.3.2 Activos intangibles.....	65
5.4 Costos de operación.....	65
5.4.1 Costos directos.....	65
5.4.2 Costos indirectos.....	65
5.4.3 Gastos generales.....	65
5.4.4 Ingresos del proyecto.....	66
5.4.5 Horizonte de evaluación.....	66
5.4.6 Depreciación.....	66
5.5 Resumen de inversión.....	66
5.6 Análisis económico.....	67
<b>Capítulo N°6 Protocolos de Operación Mantenimiento y Medio Ambiente</b> .....	69
6.1 Operación y Mantenimiento.....	70
6.1.1 Recomendación.....	71
6.2 Almacenamiento y transporte de residuos industriales líquidos peligrosos.....	73
6.2.1 Usos de tambores.....	73
6.2.2 Prohibiciones.....	74
<b>Capítulo N°7 Conclusiones</b> .....	75
7.1 Conclusiones.....	76
<b>Bibliografía</b> .....	78
<b>Anexo Plano máquina de limpieza oleo-hidráulico</b> .....	79

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Grado de limpieza ISO 4406.....	6
Tabla 1.2 Ejemplo de asignación código de contaminación.....	7
Tabla 1.3 Grados de limpieza NAS 1638/AS 4059.....	8
Tabla 1.4 Tamaño de partículas medidos en relación con el método de calibración....	8
Tabla 1.5 Comparación de grados de limpieza ISO 4406 y NAS 1638.....	9
Tabla 1.6 Limpieza de los fluidos necesarios para componentes lubricados típicos..	14
Tabla 1.7 Limpieza recomendada.....	15
Tabla 2.1 Características de los aceites Tellus.....	22
Tabla 2.2 Características circuitos hidráulicos más recurrentes en un Astillero.....	24
Tabla 3.1 Valores de rugosidad absoluta.....	27
Tabla 3.2 Coeficiente “K” de Pérdidas.....	27
Tabla 3.3 Número de Reynolds 4000 y Utiliza el Aceite que Trabaja cada Circuito.....	29
Tabla 3.4 Número de Reynolds 5000 y Utiliza el Aceite que Trabaja cada Circuito.....	30
Tabla 3.5 Número de Reynolds 6000 y Utiliza el Aceite que Trabaja cada Circuito.....	31
Tabla 3.6 Número de Reynolds 4000 y Aceite Tellus 22.....	32
Tabla 3.7 Número de Reynolds 5000 y Aceite Tellus 22.....	33
Tabla 3.8 Número de Reynolds 6000 y Aceite Tellus 22.....	34
Tabla 3.9 Condiciones recomendables para efectuar el proceso de limpieza.....	36
Tabla 3.10 Volumen de aceite requerido por circuitos.....	38
Tabla 4.1 Serie de aro volumétrico para bombas serie TE77.....	45
Tabla 4.2 Bombas de Paleta catálogo general.....	46
Tabla 4.3 Requerimientos de caudal y potencia de los circuitos.....	47
Tabla 4.4 Características motor eléctrico.....	49
Tabla 4.5 Designación conductores eléctricos.....	50
Tabla 4.6 Perfiles “C”.....	57
Tabla 4.7 Resistencia de los aceros estructurales.....	58
Tabla 4.8 Peso de los componentes de la maquina.....	60
Tabla 5.1 Costo de elementos para el diseño de máquina de limpieza de circuito.....	64
Tabla 5.2 Ejemplo de costo de elementos para el diseño de máquina de limpieza....	65

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Muestreo.....	10
Figura 1.2 Contador de partículas.....	12
Figura 1.3 Fotografía a nivel microscópico de nivel de contaminación.....	12
Figura 1.4 Informe técnico de análisis de muestra.....	13
Figura 2.1 Régimen de flujo.....	21
Figura 3.1 Diagrama de Moody.....	26
Figura 4.1 Esquema isométrico máquina de limpieza de circuito.....	42
Figura 4.2 Diseño de máquina de limpieza.....	43
Figura 4.3 Bomba doble paleta.....	44
Figura 4.4 Motor eléctrico.....	48
Figura 4.5 Cable 3x6 AWG.....	50
Figura 4.6 Bomba doble paleta en un sistema oleo-hidráulico.....	51
Figura 4.7 Estanque oleo-hidráulico.....	52
Figura 4.8 Filtro de succión.....	53
Figura 4.9 Conexión rápida.....	53
Figura 4.10 Manguera flexible.....	54
Figura 4.11 Válvula de cierre.....	54
Figura 4.12 Filtros hidráulicos.....	55
Figura 4.13 válvula de toma de muestra.....	55
Figura 4.14 Contador de partícula.....	56
Figura 4.15 Válvula reguladora de caudal.....	56
Figura 4.16 Estudio de resistencia de materiales en la viga longitudinal.....	58
Figura 4.17 Selección de rueda.....	60
Figura 6.1 Bomba de pistón Manual.....	71

## **RESUMEN.**

La hidráulica es una rama de las ciencias físicas y la ingeniería que comprende la transmisión, regulación de fuerzas y/o movimientos por medio de fluidos.

Una de las ventajas que involucra el uso de este tipo de energías, radica en facilitar la transmisión de grandes fuerzas empleando pequeños elementos con el fin de simplificar maniobras de mando. A pesar de ello, existen ciertos inconvenientes con respecto al fluido empleado como medio de transmisión, ya que las altas presiones al cual es sometido, sumado a la presentación de fallas en alguno de los componentes del sistema, incrementan en el riesgo de accidentes. Es así como resulta de vital importancia la mantención de cada uno de los componentes que forman parte del sistema hidráulico, en donde se deben efectuar los cambios de elementos y recuperación de estos, siguiendo los procedimientos y normas establecidas.

A continuación en el presente proyecto, se determinará el diseño de una máquina portátil y las técnicas de preparación con el fin de realizar de manera óptima la limpieza en los circuitos hidráulicos y los cuidados que se deben tener al momento de realizar la primera puesta en marcha, luego de su instalación o reparación, cambios de piezas o modificación de un circuito.

## **INTRODUCCION.**

Los Astilleros y Maestranzas que abarcan tanto en el área marítima como terrestre, ya que en ella se llevan a cabo trabajos importantes para el funcionamiento y desarrollo de máquinas, equipos o circuitos oleo hidráulicos de buques y maquinaria correspondiente.

Se designa por flushing al proceso que consiste en realizar limpieza en las cañerías o mangueras flexibles de los circuitos óleo hidráulicos, haciendo circular a través de ellas aceite en forma turbulenta, con el objeto de desprender las impurezas y partículas extrañas adheridas en su interior para no perjudicar el correcto funcionamiento del sistema.

Existen variados métodos para lograr la limpieza de los circuitos óleo hidráulico, los cuales pueden ser aplicados con el sistema en funcionamiento o cuando el circuito se encuentra desarmado. Para ello se diseñará una máquina portátil capaz de cumplir con los requerimientos del servicio y satisfacer las necesidades del proceso con el mayor respaldo técnico e in-situ.

A la hora de detectar o corregir problemas se debe utilizar una escala de referencia de la contaminación presente en el sistema. Las escalas más utilizadas son ISO 4406 y NAS 1638.

La medida del grado de limpieza o de contaminación que pueda poseer un lubricante puede ayudar a conocer el estado tanto de la máquina como del propio lubricante.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una máquina para limpieza de circuitos oleo hidráulicos

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- a) La máquina debe ser portátil, tal que permita satisfacer necesidades típicas de circuitos oleo-hidráulicos en un astillero, cumpliendo las normas pertinentes.
- b) Considerar componentes comerciales disponibles, para facilitar procesos de reparación, incluyendo su cotización.
- c) Elaborar protocolos de operación, mantención y medio ambiente.



***CAPITULO N°1***  
***ESTUDIO DE NORMAS PERTINENTES***

## **1.1 CODIGOS DE NIVELES DE LIMPIEZA.**

A la hora de detectar o corregir problemas se debe utilizar una escala de referencia de la contaminación presente en el sistema. Las escalas más utilizadas son ISO 4406 y NAS 1638.

### **1.1.1 ISO 4406: 1999.**

ISO 4406 de 1999 el resultado se expresa mediante un código compuesto por tres números separados con slash (4/6/14) cada número representa cierta cantidad de partículas de cierto tamaño, comprendidas en un cierto rango más de 6 hasta 24. Son 19 rangos que comprenden tamaños entre 32 micras hasta 16.000.000 de micras.

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 de un componente.

**Tabla 1.1** Grado de limpieza ISO 4406.

**Código de limpieza ISO 4406:1999**

Código de Rango	Partículas por 100 ml de fluido	
	Más de	Hasta y incluyendo
24	8,000,000	16,000,000
23	4,000,000	8,000,000
22	2,000,000	4,000,000
21	1,000,000	2,000,000
20	500,000	1,000,000
19	250,000	500,000
18	130,000	250,000
17	64,000	130,000
16	32,000	64,000
15	16,000	32,000
14	8,000	16,000
13	4,000	8,000
12	2,000	4,000
11	1,000	2,000
10	500	1,000
9	250	500
8	130	250
7	64	130
6	32	64

**Nota: Un líquido con un código 22/21/18 tiene:**

Entre 2.000.000 y 4.000.000 partículas sobre 4 µm (por el 22 en primera posición)
Entre 1.000.000 y 2.000.000 partículas sobre 6 µm (por el 21 en segunda posición)
Entre 130.000 y 250.000 partículas sobre 14 µm (por el 18 en tercera posición)

**1.1.2 Código de contaminación sólida ISO**

La mayoría de las muestras de aceite a las cuales se les analiza el contenido de partículas son evaluadas de acuerdo a lo que se conoce como conteo automático de partículas (APC). El patrón de calibración actual para APC es el ISO 11171. Cuando se envía una muestra para analizarla según APC, las partículas son contadas bien sea por el método del contador óptico láser o por el contador por bloqueo de poro. Aunque los laboratorios pueden reportar diferentes niveles de tamaños de partículas en micrones, un ejemplo de varios tipos de reportes incluyen niveles de tamaño de partículas mayores de 4, 6, 14, 21, 38, 70 y 100 micrones.

**Tabla 1.2** Ejemplo de asignación código de contaminación

En este ejemplo, puede observar cómo se le asigna un código de contaminación sólida a la cantidad de partículas de un tamaño determinado, basado en donde cae el valor en la tabla. En este caso, el código de contaminación sólida es 20/17/13

Tamaño	Partículas/ml	Código ISO
> 4 micrones	9,721	20
> 6 micrones	1,254	17
> 10 micrones	326	
> 14 micrones	73	13
> 21 micrones	12	
> 38 micrones	5	
> 70 micrones	0	
> 100 micrones	0	

Más de (part/ml)	Hasta e inclusive (part/ml)	Código ISO
80,000	160,000	24
40,000	80,000	23
20,000	40,000	22
10,000	20,000	21
5,000	10,000	20
2,500	5,000	19
1,300	2,500	18
640	1,300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2.5	5	9
1.3	2.5	8

### 1.1.3 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.

La norma NAS 1638 es una norma americana que se traduce aproximadamente a los códigos ISO. La diferencia es que la NAS da un desglose más detallado de los diferentes tamaños de partículas.

**Tabla 1.3** 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

Al igual que ocurría con el código ISO, los nuevos patrones de calibración han provocado la definición de este nuevo código denominado AS 4059 en sustitución del NAS 1638.

**Tabla 1.4** Tamaño de partículas medidos en relación con el método de calibración

	Tamaño de Partículas					
ISO 1171-Tamaño µm	>4	>6	>14	>21	>38	>70
ISO 4402-Tamaño µm	>1	>5	>15	>25	>50	>100

En la siguiente tabla se hace una comparación entre los Grados de limpieza ISO 4406 y NAS 1638

**Tabla 1.5** Comparación de grados de limpieza ISO 4406 y NAS 1638

Código ISO	Partículas/mililitro			NAS 1638
	$\geq 2 \mu$	$\geq 5 \mu$	$\geq 15 \mu$	
23/21/18	80000	20000	2500	12
22/20/18	40000	10000	2500	-
22/20/17	40000	10000	1300	11
22/20/16	40000	10000	640	-
21/19/16	20000	5000	640	10
20/18/15	10000	2500	320	9
19/17/14	5000	1300	160	8
18/16/13	2500	640	80	7
17/15/12	1300	320	40	6
16/14/12	640	160	40	-
16/14/11	640	160	20	5
15/13/10	320	80	10	4
14/12/9	160	40	5	3
13/11/8	80	20	2.5	2
12/10/8	40	10	2.5	-
12/10/7	40	10	1.3	1
12/10/6	40	10	0.64	-

## 1.2 Muestreo

Hay que tener mucho cuidado a la hora de analizar sistemas muy limpios, ya que se puede introducir suciedad en la muestra tanto en la etapa de muestreo de la misma como en la de análisis. Para ello se debe utilizar botes con un certificado de grado de limpieza específico. Además, en el laboratorio de análisis se debe poseer un procedimiento de manejo de las muestras que eviten todas las fuentes posibles de entrada de suciedad en las muestras.

### 1.2.1 Proceso para Tomar una Muestra de Aceite

Para la toma de muestra se requiere lo siguiente:

- Una botella de vidrio esterilizada de 200 ml.
- Un paño.
- Un recipiente de aceite abierto de 5 litros.



**Figura 1.1**Muestreo.

1. Coloque el recipiente de aceite bajo la válvula de muestreo.
2. Abra y cierre la válvula cinco veces y déjela abierta.
3. Vierta un litro de aceite en el recipiente.
4. Abra la botella de muestra.
5. Ponga la botella debajo del caudal de aceite sin tocar la válvula de muestreo.
6. Llene aproximadamente un 80% de la botella.
7. Ponga el tapón en la botella inmediatamente después de tomar la muestra.
8. Cierre la válvula de muestreo.
9. Todas las muestras deben ser claramente marcadas con número de referencia, lugar del muestreo, fecha y tipo/marca del aceite.

### **1.2.1 Aplicaciones de los contadores de partículas**

La medida del grado de limpieza o de contaminación que pueda poseer un lubricante puede ayudar a saber el estado tanto de la máquina como del propio lubricante.

- Permite el análisis del aceite en el laboratorio
- Confirma el mantenimiento correctivo
- Identifica malas reparaciones de máquinas
- Verifica el funcionamiento de la bomba.
- Verifica el funcionamiento de la centrífuga.

- Confirma el flushing del sistema.
- Confirma la necesidad de un análisis ferrográfico
- Realiza un seguimiento del desgaste de la máquina.
- Identifica un desgaste de engranajes anormal.
- Identifica la presencia de desgaste abrasivo.
- Detecta un desgaste corrosivo elevado.
- Verifica el estado de los cojinetes.
- Identifica el exceso de gases de cárter en el motor.
- Identifica presencia de contaminantes atmosféricos.
- Verifica el grado de limpieza del lubricante almacenado y/o confirma el grado de limpieza deseado.
- Verifica el funcionamiento del filtro.
- Determina el tiempo de uso de los filtros.
- Determina el punto adecuado de cambio de filtros.
- Identifica defectos en filtros nuevos.
- Verifica la idoneidad de selección del filtro.

### **1.3 INTERPRETACION DEL VALOR DEL CONTEO DE PARTICULAS**

#### **1.3.1 Interpretación de los resultados**

El Código ISO 4406-99 mostrará un valor alto si el contenido de partículas es elevado y será muy bajo si el aceite está limpio. Algunos fabricantes de maquinaria proponen especificaciones de código ISO, otros los exigen para validar las garantías. Proveedores de rodamientos, turbinas y sistemas hidráulicos están cada vez más interesados en especificar un nivel de limpieza de aceites nuevos y aceites en uso. Esto implica, muchas veces, establecer procesos de limpieza de aceites nuevos, antes de incorporarlos a los sistemas, para cumplir con aquellas especificaciones. Como consecuencia se han desarrollado procesos de filtración de aceites en uso para mantener los niveles de limpieza adecuados. En todo caso, cualquier variación del Código ISO se debe investigar, porque puede representar una anomalía.



Otro aspecto menos común y de menor desarrollo aún, es la interpretación y seguimiento de los valores obtenidos para cada rango de tamaños de partículas, permitiendo investigar anomalías o causas raíz de fallos en los sistemas lubricados, que se pueden corregir de forma prematura, incluso antes de que se inicie el fallo.

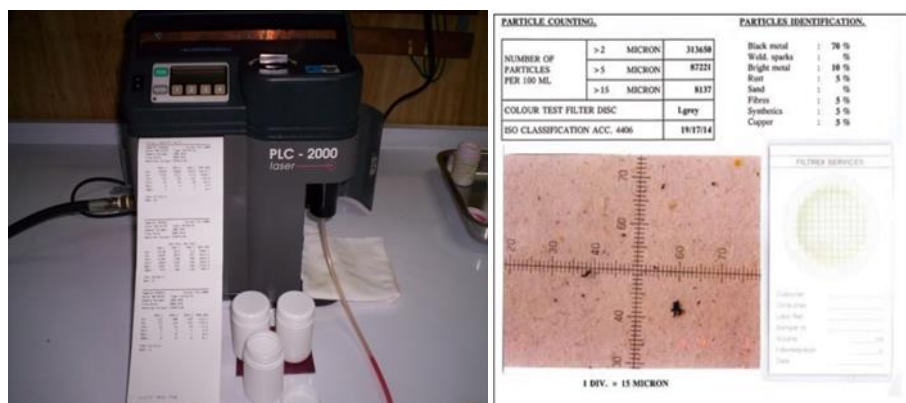


Figura 1.2 Contador de Partículas.

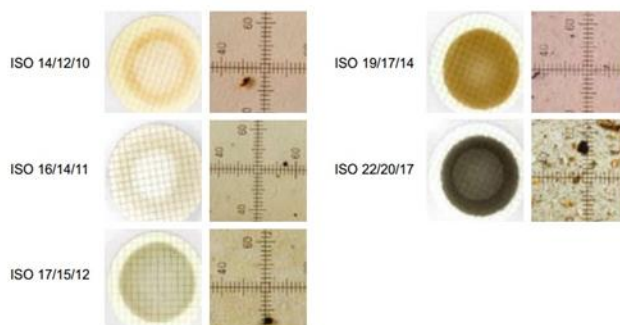


Figura 1.3 Fotografías a nivel microscópico de niveles de contaminación

# LABORATORIO DE HIDRAULICA

2/4/2011 3:04 PM

Customer / Site: VIKINGO  
 Machine: GRUA DE CUBIERTA  
 Equipment Name: CIRCUITO 25MM  
 Port Sample Loc: CANERIAS 35MM  
 Notes: MUESTRA 2

Sample Date: 1/20/2011  
 Analysis Date: 1/20/2011 1:27:39 PM  
 Sample #: 2 CANERIA 35  
 Operator:  
 Fluid Type: TELLUS 22



**Overall Summary:**

Seq#: 1  
 Operating Hrs/miles: 0  
 Hrs/mile Overhaul: 0  
 Hrs/mile oil Change: 0

## Wear Debris

Wear Debris Summary: Particle Count Nominal

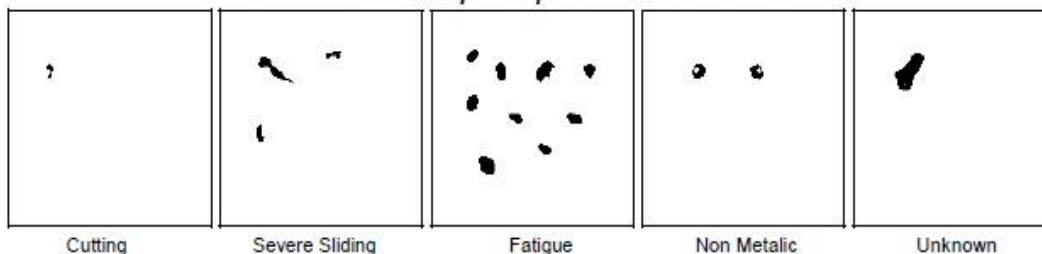
ISO 4406 (1999)		NAS 1638			NAVAIR 01-1A-17		
Part/1 ml		Part/100 ml			Part/100 ml		
>4um(c):	976.2 17	5-15um	6-14um(c):	19,528 7	5-10um	6-10um(c):	14,726 3
>6um(c):	228.2 15	15-25um	14-21um(c):	2,469 6	10-25um	10-21um(c):	7,271 4
>14um(c):	32.9 12	25-50um	21-38um(c):	549 7	25-50um	21-38um(c):	549 3
		50-100um	38-70um(c):	274 8	50-100um	38-70um(c):	274 5
		>100um	>70um(c):	00 00	>100um	>70um(c):	0 0

Max Diameter Method	(Part/ml)	Max(um)	Mean(um)	20-25um	25-50um	50-100um	>100um
Cutting Wear	1.4	22.8	22.8	1.4	0.0	0.0	0.0
Severe Sliding Wear	4.1	65.3	40.4	0.0	2.7	1.4	0.0
Fatigue Wear	17.8	64.8	30.8	6.9	9.6	1.4	0.0
Non Metallic Wear	2.7	22.8	22.2	2.7	0.0	0.0	0.0
Unclassified Wear	1.4	68.7	68.7	0.0	0.0	1.4	0.0

Free Water (ppm) 0

Viscosity (cP) 35.95

### Wear Particle Map - Representative Selection



Cutting

Severe Sliding

Fatigue

Non Metallic

Unknown

Figura 1.4 Informe Técnico de Análisis de muestra.

### 1.3.2 Grados de limpieza necesarios para diferentes máquinas

Muchos de los fabricantes de equipos hidráulicos 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 su vida.

La siguiente tabla identifica el nivel de limpieza que deberían tener aceites para una vida normal de los equipos hidráulicos en la industria. Los códigos ISO refieren a la tabla ISO 4406 de cantidad de partículas sobre 4  $\mu\text{m}$ , 6  $\mu\text{m}$  y 14  $\mu\text{m}$ .

**Tabla 1.6** Limpieza de los fluidos necesarios para componentes lubricados típicos.

Componente	Código ISO 4406
Válvulas de Servo – control	16/14/11
Rodamiento	16/14/12
Válvulas Proporcionales	17/15/12
Cojinetes	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

**Tabla 1.7 Limpieza Recomendada.**

<b>Tabla de Limpieza Recomendada para Aceites - ISO 4406</b>			
<b>BOMBAS</b>			
<b>Presión</b>	<b>&lt;140 Bar</b>	<b>&lt;210 Bar</b>	<b>&gt;210 Bar</b>
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
<b>VÁLVULAS</b>			
<b>Presión</b>		<b>&lt;210 Bar</b>	<b>&gt;210 Bar</b>
Direccional (solenoide)		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*
<b>ACTUADORES</b>			
<b>Presión</b>	<b>&lt;140 BAR</b>	<b>&lt;210 BAR</b>	<b>&gt;210 BAR</b>
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
<b>TRANSMISIONES HIDROSTATICAS</b>			
<b>Presión</b>	<b>&lt;140 Bar</b>	<b>&lt;210 Bar</b>	<b>&gt;210 Bar</b>
Transmisiones Hidrostaticas	17/15/13	16/14/12*	16/14/11*
<b>FLUIDOS EN RECIRCULACION</b>			
<b>COJINETES/RODAMIENTOS</b>			
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		

**CAPITULO N°2**  
**ANTECEDENTES DE LIMPIEZA DE CIRCUITOS**

## **2.1 DESCRIPCION**

El proceso consiste en la limpieza de cañerías y mangueras flexibles de los circuitos oleo-hidráulicos, haciendo circular a través de ellas aceite en régimen turbulento, con el objeto de desprender las impurezas y partículas extrañas adheridas en su interior.

## **2.2 IMPORTANCIA DE SU APLICACION**

El 80 % de las fallas en la puesta en marcha de un sistema se produce debido a altos grados niveles de contaminación que se generan en la misma.

Las impurezas contaminantes varían en tamaño, composición y efecto.

Partículas sólidas metálicas son las más perjudiciales, en donde el nivel de daños que producen depende de la consistencia de la impureza y la luz de ajuste existente en los componentes.

Estas partículas normalmente son invisibles al ojo humano ya que usualmente tienen dimensiones menores de 4mm.

Los distintos contaminantes se generan e ingresan al sistema en distintas etapas:

- Son ingresadas durante el proceso de instalación y se deben a escorias de soldaduras y arenillas.
- Se encuentran presentes en distintos componentes de la instalación, como ser mangueras flexibles de interconexión
- Son generados por los mismos componentes una vez puesto en marcha el sistema.

### **2.3 PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA EN CIRCUITOS OLEO-HIDRAULICOS**

El propósito del procedimiento de limpieza es eliminar las fallas en la puesta en marcha en un sistema hidráulico o de lubricación debido a los contaminantes.

Luego de una buena limpieza química se realiza la circulación de aceite por la tubería para realizar la limpieza.

Es esencial que el flujo que circula por el interior de la tubería sea turbulento de forma que la limpieza sea efectiva. Es por ello que es necesario el estudio de cada tramo del circuito para garantizar la turbulencia.

El parámetro adimensional que indica si un flujo de fluido es laminar o turbulento es el Número de Reynolds ( $Re$ ), que relaciona la velocidad del fluido el diámetro de la tubería y la viscosidad cinemática del fluido.

Es necesario lograr un  $N^{\circ}$  de  $Re$  no inferior a 5000 para garantizar la limpieza.

Este proceso debe realizarse con equipos externos con sistemas de filtración de alta tecnología ( $\beta_x = 1000$ ) y con un fluido a emplear que sea compatible con el utilizado en funcionamiento.

La limpieza se da por finalizada luego de realizar un análisis de partículas sólidas al aceite con el fin de obtener un código de limpieza bajo la norma ISO 4406. Este código varía según los componentes del sistema.

### **2.4 CLASIFICACION DE LAS APLICACIONES DE UN PROCESO DE LIMPIEZA EN CIRCUITOS OLEO-HIDRAULICOS**

A.- Según tipo de circuito la limpieza es aplicable a:

- Circuito de presión.
- Circuito de retorno.
- Circuito de mando y pilotaje.

B.-Según el material de las cañerías.

- Cañerías de acero.
- Cañerías de acero inoxidable.
- Cañerías de cobre.
- Mangueras flexibles.

C.- Según presión de trabajo.

- Alta presión de 180 bar en la línea de presión principal.
- Media presión de 90 bar en la línea de pilotaje.
- Baja presión de 6 bar en la línea de retorno.

D.-Según el diámetro de las cañerías se tiene que:

- Para un diámetro menor a 12 mm se requiere poco caudal para la ejecución del proceso.
- Para un diámetro mayor a 50 mm se requiere que sea mayor cantidad de caudal para la ejecución del proceso mejor.

## **2.5 VISCOSIDAD.**

### **2.5.1 Viscosidad dinámica o absoluta**

Los términos viscosidad absoluta o viscosidad dinámica se usan intercambiabilmente para distinguirla de la viscosidad cinemática o comercial. Se define como la resistencia de un líquido a fluir.

Matemáticamente se expresa como la relación entre el esfuerzo de corte aplicado para mover una capa de aceite y el grado de desplazamiento conseguido.

Por tanto la viscosidad absoluta de un fluido se puede determinar conociendo la fuerza necesaria para vencer la resistencia del fluido en una capa de dimensiones conocidas.



### **2.5.2 Viscosidad cinemática o comercial**

La viscosidad cinemática, se define como la resistencia a fluir de un líquido bajo la acción de la gravedad. En el interior de un fluido, dentro de un recipiente, la presión hidrostática (la presión debida al peso del fluido) está en función de la densidad. Por otra parte, el tiempo que tarda en fluir un volumen dado de líquido es proporcional a su viscosidad dinámica.

Podemos expresar la viscosidad cinemática como:

$$\text{Viscosidad cinemática} = \mu / \rho$$

Donde  $\mu$  es el coeficiente de viscosidad dinámica y  $\rho$  la densidad, todo ello medido a la misma temperatura. Por lo dicho anteriormente, la viscosidad cinemática puede definirse como el tiempo requerido por un volumen dado de fluido en fluir a través de un tubo capilar por acción de la gravedad.

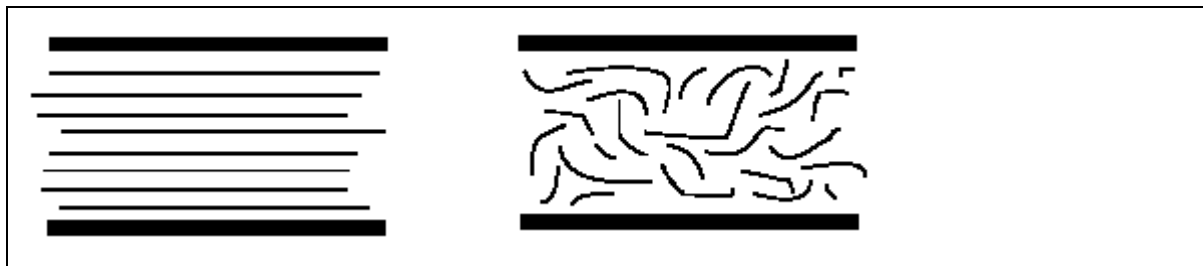
### **2.5.3 Viscosidad aparente**

La viscosidad aparente es la viscosidad de un fluido en una determinada condición de temperatura y agitación (no normalizadas). La viscosidad aparente no depende de las características del fluido, sino de las condiciones ambientales, y por tanto variará según las condiciones.

## **2.6 NUMERO DE REYNOLDS (Re)**

Cuando un líquido fluye en un tubo y su velocidad es baja, fluye en líneas paralelas a lo largo del eje del tubo; a este régimen se le conoce como “flujo laminar”. Conforme aumenta la velocidad y se alcanza la llamada “velocidad crítica”, el flujo se dispersa hasta que adquiere un movimiento de torbellino en el que se forman corrientes cruzadas y remolinos; a este régimen se le conoce como “flujo turbulento”. El paso de régimen laminar a turbulento no es inmediato, sino

que existe un comportamiento intermedio indefinido que se conoce como “régimen de transición”.



FLUJO LAMINAR.

FLUJO TURBULENTO.

**Figura 2.1** Régimen de flujo.

Para el flujo laminar, la curva de velocidad en relación con la distancia de las paredes es una parábola y la velocidad promedio es exactamente la mitad de la velocidad máxima.

Para el flujo turbulento la curva de distribución de velocidades es más plana (tipo pistón) y el mayor cambio de velocidades ocurre en la zona más cercana a la pared.

Así, el número de Reynolds es un número adimensional que relaciona las propiedades físicas del fluido, su velocidad y la geometría del ducto por el que fluye y está dado por:

$$Re = \frac{\textit{velocidad} \cdot \textit{Diámetro}}{\textit{viscosidad cinemática}}$$

Generalmente cuando el número de Reynolds se encuentra por debajo de 2100 se sabe que el flujo es laminar, el intervalo entre 2100 y 4000 se considera como flujo de transición y para valores mayores de 4000 se considera como flujo turbulento.

## **2.7 CARACTERISTICAS DEL ACEITE SEGUN SHELL DEL TELLUS.**

- A.- Fluidos hidráulicos de alto rendimiento.
- B.- Estabilidad térmica.
- C.- Resistencia a la oxidación.
- D.- Estabilidad hidrolítica.
- E.- Filtrabilidad Superior.
- F.- Baja fricción.
- G.- Excelentes propiedades de liberación de aire y antidesgaste.
- H.- Compatibilidad con sellos y elastómeros.
- I.- Higiene y seguridad.
- J.- Protección del medio ambiente.

**Tabla 2.1** Características de los aceites Tellus

## 2.8 CONSIDERACIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO DE INTERÉS

En el proceso de limpieza, el régimen de escurrimiento, debe ser turbulento con un rango de número de Reynolds mayor a 4000.

Existen diversos tipos de circuitos hidráulicos, a los cuales se debe realizar el proceso de limpieza. Para asegurar un régimen de escurrimiento turbulento se deben considerar variables tales como:

- Diámetro interior de los conductos.

Shell TellusOil	Tellus Oil 22	TellusOil 32	TellusOil 46	TellusOil 68	TellusOil 100
<b>Viscosidad Cinemática</b> a 0 °C 40°C 100°C (IP 71)	180 22 4.3	338 32 5.4	580 46 6.7	1040 68 8.6	1790 100 11.1
<b>Índice de Viscosidad</b> (IP 226)	100	99	98	97	96
<b>Densidad 15°C/kg/l</b> (IP 365)	0.866	0.875	0.879	0.886	0.891
<b>Punto de inflamación °C</b> (IP 34)	204	209	218	223	234
<b>Punto de escurrimiento °C</b> (IP 15)	-30	-30	-30	-24	-24

- Velocidad de escurrimiento.
- Tipo de aceite. (viscosidad y densidad)

## 2.9 LUGARES EN QUE SE REALIZA LIMPIEZA CON MAYOR FRECUENCIA

- Sistemas de propulsión.
- Sistemas de gobierno.
- Elementos de pesca.
- Winches y cabrestantes.
- Maquinarias terrestres

En el último tiempo los fabricantes de maquinarias y elementos hidráulicos proponen mantener un estándar o nivel de limpieza de los circuitos hidráulicos, según norma ISO 4406 o NAS 1638, para asegurar la vida útil de dichos elementos y otros lo exigen para validar las garantías en caso de falla de los equipos.

Para alcanzar los estándares de limpieza requeridos es necesario realizar el proceso de limpieza a los circuitos de los sistemas hidráulicos, que poseen los buques y artefactos navales, por ende dicho proceso tiene una amplia gama de aplicaciones.

**Tabla 2.2** Características de circuitos hidráulicos más recurrentes en un Astillero

CIRCUITO	DIAMETRO CAÑERIAS	LARGO CIRCUITO	PRESIÓN CIRCUITO	TIPO ACEITE	MATERIAL CAÑERIAS	VELOCIDAD NORMAL
----------	-------------------	----------------	------------------	-------------	-------------------	------------------

<b>SISTEMA DE GOBIERNO</b>	25 mm	50 m	35 bar	Tellus 32	Acero	2 m/s
<b>PRESIÓN BUQUE PESQUERO</b>	50 mm	100 m	180 bar	Tellus 22 a 68	Acero	2,5 m/s
<b>RETORNO BUQUE PESQUERO</b>	100 mm	100 m	70 bar	Tellus 22 a 68	Acero	1,3 m/s
<b>PILOTAJE BUQUE PESQUERO</b>	12 mm	100 m	90 bar	Tellus 22 a 68	Acero	3,5 m/s
<b>SISTEMA HIDRAULICO DE MAQUINARIAS TERRESTRES</b>	12 mm	20 m	70 bar	Tellus 22	Acero inoxidable	3,6 m/s
<b>LUBRICACION MOTORES PROPULSORES</b>	100 mm	20 m	6 bar	Tellus 100	Acero	1,32 m/s

## **CAPITULO N°3**

### **ESTUDIO DE NECESIDADES**

#### **3.1 POTENCIA ELECTRICA**

Los tableros de conexión eléctrica existentes en los muelles, diques y en las plantas industriales terrestres son de 380 V, 90 A y el coseno de  $\varphi$  oscila entre un rango que va de 0,8 hasta un máximo de 1, por lo que se tiene:

➤ Potencia activa  $P_{3\theta} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$

➤ Potencia activa  $P_{3\theta} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot V \cdot 90 \cdot A \cdot 0,8 = 47,38 \text{ kW}$

Donde:

$P_{3\theta}$ : Potencia de consumo eléctrico expresada en Watt (W)

$V$ : Voltaje de la corriente expresada en Volt (V)

$I$ : Intensidad de la corriente que fluye por el circuito en Ampere (A)

$\cos \varphi$ : Valor del factor de potencia

Considerando además un rendimiento del motor eléctrico de un 90% y un rendimiento de la bomba hidráulica también de 90% se tiene que la potencia máxima que podrá requerir el proceso de limpieza será:

$$\text{➤ Potencia máxima} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{motor}} \cdot \eta_{\text{bomba}}$$

$$\text{➤ Potencia máxima} = 47,38 \text{ kW} \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 38,37 \text{ kW} = 51,46 \text{ HP}$$

### 3.2 PRESION NECESARIA

La máquina debe dar la posibilidad de hacer pruebas de presión de los circuitos hidráulicos hasta 1,5 veces la presión de trabajo de dichos circuitos.

$$\text{➤ Presión máxima de trabajo} = 150 \text{ bar}$$

$$\text{➤ Presión de prueba} = 150 \text{ bar} \cdot 1,5 = 225 \text{ bar}$$

### 3.3 CAUDAL REQUERIDO

El caudal requerido por el proceso de limpieza, a fin de asegurar un régimen turbulento, está dado por:



➤ Reynolds (Re)  $\geq 4000$

➤  $Re = \frac{v \cdot D}{\gamma}$

➤  $A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$

➤  $\gamma = \frac{\mu}{\rho}$

➤  $Q = A \cdot v$

Dónde:

$v$  : Velocidad media (m/s)

$A$  : Area de la tubería (m<sup>2</sup>)

$D$ : Diámetro de la tubería(m)

$\gamma$  : Viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

$Q$ :Caudal (m<sup>3</sup>/s)

### 3.4 PERDIDAS DE CARGA

Es la pérdida de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas contra las paredes de la tubería que las contiene. Las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, etc.

Estas pérdidas de carga estarán presentes en los circuitos a los que se le realizará el proceso de limpieza y en los accesorios de la máquina la cual realizara el proceso, y están dadas por:

➤ Pérdidas de Presión  $P = HF \cdot \gamma$

➤ Pérdidas regulares o en tuberías ( $HF$ )  $= \frac{f \cdot l \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$

➤ Pérdidas Singulares o localizadas( $HT$ )  $= \frac{\sum K \cdot v^2}{2 \cdot g}$

Donde:

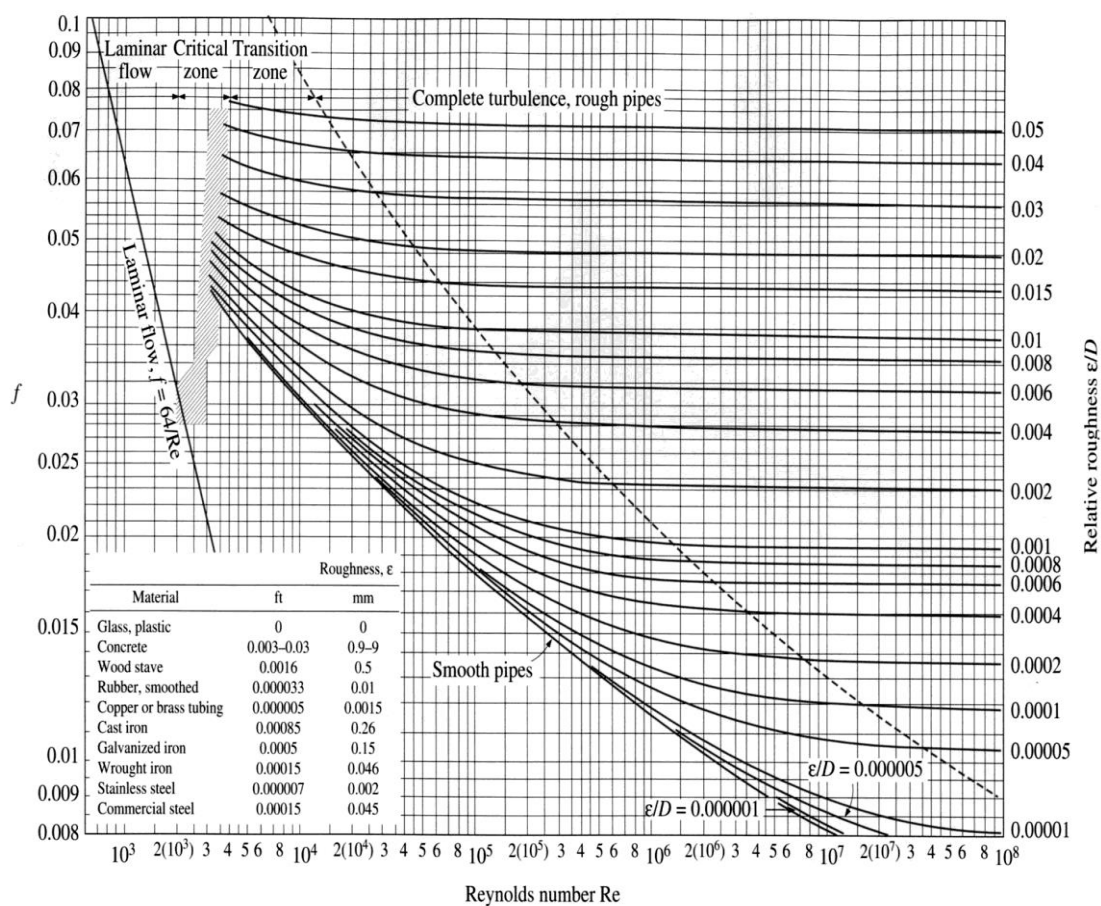
$h$ : Pérdida de carga o de energía (m)

$f$ : Coeficiente de fricción (adimensional)

$l$ : Longitud de la tubería (m)

- $D$ : Diámetro interno de latubería (m)
- $v$ : Velocidad media (m/s)
- $g$ : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- $Q$ : Caudal (m<sup>3</sup>/s)
- $\sum K$ : Sumatoria de coeficientes de pérdidas

➤ Para el coeficiente de fricción ( $f$ ), por tratarse de sistemas oleo-hidráulicos, se considera una cañería de acero de pared lisa y Reynolds menor que 100000.



**FIGURE A-27**  
The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular tubes.

**Figura 3.1** Diagrama de Moody.

**Tabla 3.1.** Valores de Rugosidad Absoluta.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	$\epsilon$ (mm)	Material	$\epsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

➤ Rugosidad Relativa =  $\frac{\epsilon}{D}$

**Tabla 3.2.** Coeficiente “k” de Pérdidas Singulares.

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES		
Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

### 3.5 ANALISIS DE CARACTERISTICAS DE CIRCUITOS TIPICOS

De acuerdo a las ecuaciones mencionadas, en las tablas 3.3. a 3.8., se expresan las variables de caudal, presión, potencia y velocidad, en función del número de Reynolds, con distintos tipos de aceite, en circuitos típicos.

De la conclusión que se obtenga del análisis de dichas tablas, se podrá determinar las condiciones óptimas para realizar el proceso de limpieza en los distintos circuitos y establecer en definitiva las características que debe poseer una máquina que sea capaz de cubrir el rango de requerimientos de limpieza.

**Tabla 3.3.** Número de Reynolds 4000 y utiliza el aceite que trabaja cada circuito.

Reynolds	4000					
Circuito	Sistema de gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico terrestres	Lubricación motores Propulsores
Diámetro ( mm )	25	50	100	12	12	100
Largo ( m )	50	100	100	100	20	20
Viscosidad ( m <sup>2</sup> /s )	0,000032	0,000068	0,000068	0,000022	0,000022	0,000068
Velocidad ( m/s )	5,12	5,44	2,72	7,33	7,33	2,72
Presión de Trabajo ( bar )	35	180	70	90	70	6
Pérdidas Regulares	106,29	119,99	15,00	908,53	181,71	3,00

( m )						
Pérdidas Singulares ( m )	40,12	67,94	16,99	164,63	82,31	5,66
Presión del Proceso ( bar )	12,56	16,33	2,78	91,14	22,42	0,75
Densidad del aceite ( kg/m <sup>3</sup> )	875	886	886	866	866	886
Potencia ( hp )	4,24	23,40	7,97	10,14	2,50	2,16
Caudal ( L/min )	150,80	640,89	1281,77	49,76	49,76	1281,77

**Características:**

- Aumentan considerablemente las pérdidas de carga y de potencia en el proceso de trabajo.
- En el circuito de control de buques la presión del proceso excede levemente la presión de trabajo, pero es menor que la presión de prueba de dicho circuito.

**Tabla 3.4.** Número de Reynolds 5000 y utiliza el aceite que trabaja cada circuito.

Reynolds	5000					
Circuito	Sistema de gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico terrestres	Lubricación motores Propulsores
Diámetro ( mm )	25	50	100	12	12	100
Largo ( m )	50	100	100	100	20	20
Viscosidad ( m <sup>2</sup> /s )	0,000032	0,000068	0,000068	0,000022	0,000022	0,000068
Velocidad ( m/s )	6,4	6,8	3,4	9,17	9,17	3,4
Presión de Trabajo ( bar )	35	180	70	90	70	6
Pérdidas Regulares	157,06	177,31	22,16	1342,55	268,51	4,43

( m )						
Pérdidas Singulares ( m )	62,69	106,16	26,54	257,23	128,61	8,85
Presión del Proceso ( bar )	18,86	24,63	4,23	135,86	33,73	1,15
Densidad del aceite ( kg/m <sup>3</sup> )	875	886	886	866	866	886
Potencia ( hp )	7,95	44,12	15,16	18,90	4,69	4,13
Caudal ( L/min )	188,50	801,11	1602,22	62,20	62,20	1602,22

**Características:**

- Aumenta la velocidad.
- Aumentan las pérdidas de carga y potencia.
- El caudal aumenta considerablemente en algunos casos.

**Tabla 3.5.** Número de Reynolds 6000 y utiliza el aceite que trabaja cada circuito.

Reynolds	6000					
Circuito	Sistema de gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico terrestres	Lubricación motores Propulsores
Diámetro ( mm )	25	50	100	12	12	100
Largo ( m )	50	100	100	100	20	20
Viscosidad ( m <sup>2</sup> /s )	0,000032	0,000068	0,000068	0,000022	0,000022	0,000068
Velocidad ( m/s )	7,68	8,16	4,08	11,00	11,00	4,08
Presión de Trabajo ( bar )	35	180	70	90	70	6
Pérdidas Regulares	216,10	243,95	30,49	1847,13	369,43	6,10

( m )						
Pérdidas Singulares ( m )	90,28	152,88	38,22	370,41	185,20	12,74
Presión del Proceso ( bar )	26,29	34,48	5,97	188,33	47,10	1,64
Densidad del aceite ( kg/m <sup>3</sup> )	875	886	886	866	866	886
Potencia ( hp )	13,30	74,12	25,67	31,44	7,86	7,04
Caudal ( L/min )	226,20	961,33	1922,66	74,64	74,64	1922,66

**Características:**

- En el circuito de presión de buques pesqueros la potencia necesaria para el proceso excede la potencia disponible en el astillero.
- En el circuito de control de buques pesqueros la presión del proceso es excesiva.

**Tabla 3.6.** Número de Reynolds 4000 y aceite Tellus 22.

Reynolds	4000					
Circuito	Sistema de gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico Terrestres	Lubricación motores Propulsores
Diámetro ( mm )	25	50	100	12	12	100
Largo ( m )	50	100	100	100	20	20
Viscosidad ( m <sup>2</sup> /s )	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022
Velocidad ( m/s )	3,52	1,76	0,88	7,33	7,33	0,88
Presión de Trabajo ( bar )	35	180	70	90	70	6
Pérdidas Regulares ( m )	50,24	12,56	1,57	908,53	181,71	0,31
Pérdidas Singulares ( m )	18,96	7,11	1,78	164,63	82,31	0,59
Presión del Proceso ( bar )	5,88	1,67	0,28	91,14	22,42	0,08
Densidad del aceite ( kg/m <sup>3</sup> )	866	866	866	866	866	866
Potencia ( hp )	1,36	0,77	0,26	10,14	2,50	0,07
Caudal ( L/min )	103,67	207,35	414,69	49,76	49,76	414,69

**Características:**

- En el circuito de presión y retorno de buques pesqueros, además del circuito de lubricación de motores propulsores, la velocidad del proceso de limpieza resulta menor a la velocidad normal de trabajo.
- Las pérdidas de carga y potencia son bajas.



**Tabla 3.7.** Número de Reynolds 5000 y aceite Tellus 22.

Reynolds	5000					
Circuito	Sistema de Gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico Terrestres	Lubricación motores Propulsores
Diámetro ( mm )	25	50	100	12	12	100
Largo ( m )	50	100	100	100	20	20
Viscosidad ( m <sup>2</sup> /s )	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022
Velocidad ( m/s )	4,4	2,2	1,1	9,17	9,17	1,1
Presión de Trabajo ( bar )	35	180	70	90	70	6
Pérdidas Regulares ( m )	74,24	18,56	2,32	1342,55	268,51	0,46
Pérdidas Singulares ( m )	29,63	11,11	2,78	257,23	128,61	0,93
Presión del Proceso ( bar )	8,82	2,52	0,43	135,86	33,73	0,12
Densidad del aceite ( kg/m <sup>3</sup> )	866	866	866	866	866	866
Potencia ( hp )	2,56	1,46	0,50	18,90	4,69	0,14
Caudal ( L/min )	129,59	259,18	518,36	62,20	62,20	518,36

**Características:**

- En el circuito de presión y retorno de buques pesqueros, además del circuito de lubricación de motores propulsores, la velocidad del proceso resulta menor a la velocidad normal de trabajo.
- No se necesitan elevados caudales para la ejecución del proceso.

**Tabla 3.8.** Número de Reynolds 6000 y aceite Tellus 22.

Reynolds	6000					
Circuito	Sistema de gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico terrestres	Lubricación motores propulsores
Diámetro ( mm )	25	50	100	12	12	100
Largo ( m )	50	100	100	100	20	20
Viscosidad ( m <sup>2</sup> /s )	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022
Velocidad ( m/s )	5,28	2,64	1,32	11,00	11,00	1,32
Presión de Trabajo ( bar )	35	180	70	90	70	6
Pérdidas Regulares ( m )	102,14	25,53	3,19	1847,13	369,43	0,64
Pérdidas Singulares ( m )	42,67	16,00	4,00	370,41	185,20	1,33
Presión del Proceso ( bar )	12,30	3,53	0,61	188,33	47,10	0,17
Densidad del aceite ( kg/m <sup>3</sup> )	866	866	866	866	866	866
Potencia ( hp )	4,28	2,45	0,85	31,44	7,86	0,23
Caudal ( L/min )	155,51	311,02	622,04	74,64	74,64	622,04

**Características:**

- En los circuitos de mayor diámetro, la velocidad del proceso resulta menor a la velocidad normal de trabajo.
- La potencia necesaria para la ejecución del proceso es muy baja, a excepción del circuito de control de los buques pesqueros.

- Los caudales necesarios para la ejecución del proceso no son muy elevados

### **3.6 CONCLUSION**

Para una mayor eficiencia en la ejecución del proceso de limpieza se debe tratar en lo posible:

- Que la velocidad con que se ejecuta el proceso sea mayor que la velocidad normal de funcionamiento del circuito, para evitar el desprendimientos de impurezas después de realizada la limpieza.
- Obtener un régimen de flujo turbulento con el número de Reynolds lo más elevado posible, para un caudal determinado.
- Que los caudales requeridos para la ejecución del proceso no sean muy elevados, para conseguir el régimen de flujo deseado.
- Que la presión de ejecución del proceso no exceda la presión de prueba de los circuitos.
- Que la potencia necesaria para la ejecución del proceso no sea muy elevada, en relación a la potencia eléctrica disponible.

De acuerdo a lo anterior las condiciones óptimas de ejecución del proceso para los distintos circuitos, tratando de respetar hasta donde sea posible los criterios enumerados anteriormente, están representadas en la Tabla 3.9, la cual se tomará como base para poder determinar las características que deberá tener la máquina de limpieza, que satisfaga las necesidades de dichos circuitos.

**Tabla 3.9.** Condiciones recomendables para efectuar el proceso de limpieza.

Circuito	Sistema de Gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico terrestres	Lubricación motores Propulsores
Diámetro ( mm )	25	50	100	12	12	100
Largo ( m )	50	100	100	100	20	20
Viscosidad ( m <sup>2</sup> /s )	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022	0,000022
Velocidad del proceso ( m/s )	7,04	3,52	1,76	8,25	9,17	1,76
Velocidad de trabajo ( m/s )	2	2,5	1,3	3,5	3,6	1,32
Presión de Trabajo ( bar )	35	180	70	90	70	6
Pérdidas Regulares ( m )	168,98	42,24	5,28	1116,49	268,51	1,06
Pérdidas Singulares ( m )	75,86	28,45	7,11	208,35	128,61	2,37
Presión del Proceso ( bar )	20,79	6	1,05	112,51	33,73	0,29
Densidad del aceite ( kg/m <sup>3</sup> )	866	866	866	866	866	866
Potencia ( hp )	9,64	5,57	1,95	14,09	4,69	0,54
Caudal ( L/min )	207,35	414,69	829,38	55,98	62,2	829,38
Numero de Reynolds	8000	8000	8000	4500	5000	8000

**De acuerdo a los datos se puede concluir que:**

- Es recomendable efectuar el proceso de limpieza con aceite Tellus 22, dado que se requiere menor potencia y menor caudal para alcanzar un régimen turbulento, y las presiones con que se efectúa el proceso son más bajas.
- El caudal mínimo necesario que debe entregar la máquina es de 56 L/min.
- El caudal máximo que debe entregar la máquina es de 830 L/min, factible de conseguir con la gama de productos disponibles en el mercado.
- La presión máxima para la ejecución del proceso es de 112,51 bar.
- La potencia máxima necesaria para la ejecución del proceso es de 14,09 HP.

### **3.7 POTENCIA DEL MOTOR ELECTRICO**

Según se observa en la Tabla 3.9 la potencia máxima requerida para efectuar el proceso de limpieza es de 14,09 HP, que corresponde al circuito de Control de Buque Pesquero, con presión de 112,5 bar y 55,98 L/min.

### 3.8 Capacidad del Estanque

De acuerdo a la cantidad de aceite necesario para la ejecución del proceso en cada uno de los circuitos se tiene que:

- Volumen de aceite = Área· Longitud del circuito.

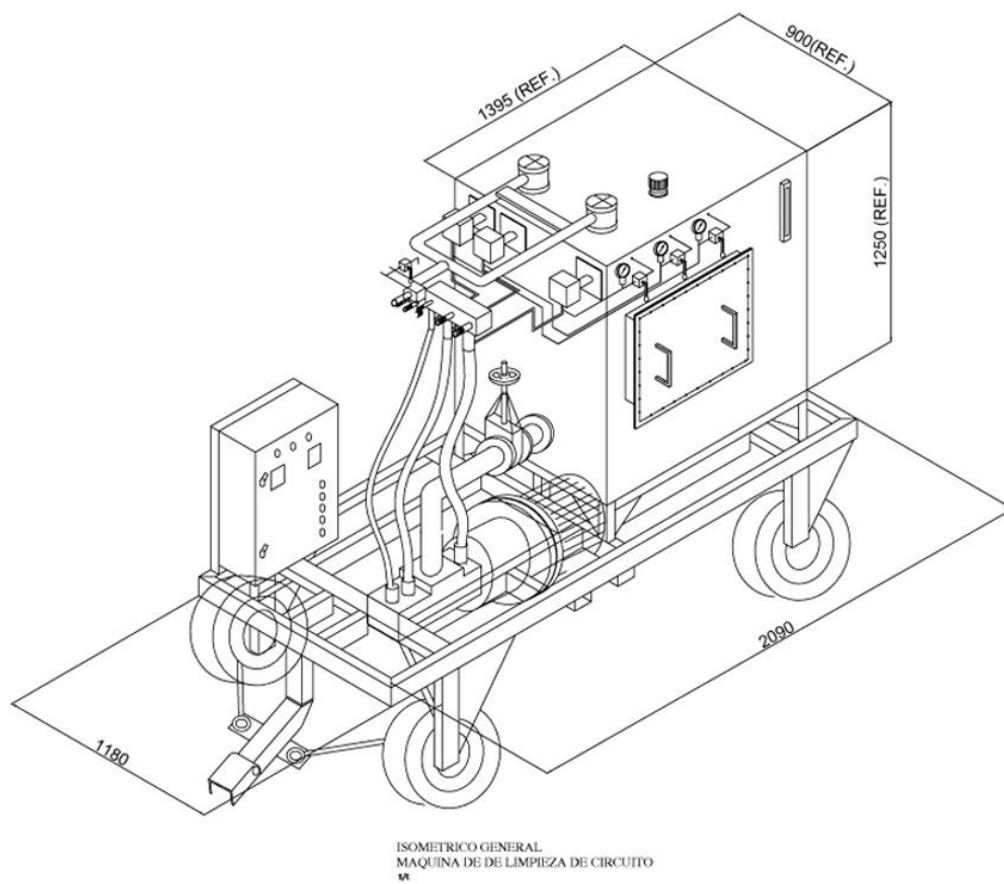
**Tabla 3.10.** Volumen de aceite requerido por circuitos.

Circuito	Sistema de gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico terrestres	Lubricación motores propulsores
Diámetro ( mm )	25	50	100	12	12	100
Largo ( m )	50	100	100	100	20	20
Volumen (m <sup>3</sup> )	0,025	0,196	0,785	0,011	0,0023	0,157

- El volumen máximo de aceite requerido por los circuitos es de 0,785 m<sup>3</sup>.
- Para poder contener el volumen máximo necesario para el proceso, además del volumen que se ocupará en llenar los elementos de conexión de la máquina, poder mantener un nivel mínimo de succión y un volumen libre en la parte superior, el estanque deberá tener una capacidad mínima de 2 m<sup>3</sup>.

**CAPITULO N°4**  
**DISEÑO DE MAQUINA**

#### 4.1 ESQUEMA ISOMETRICO MAQUINA DE LIMPIEZA DE CIRCUITOS OLEOHIDRAULICOS

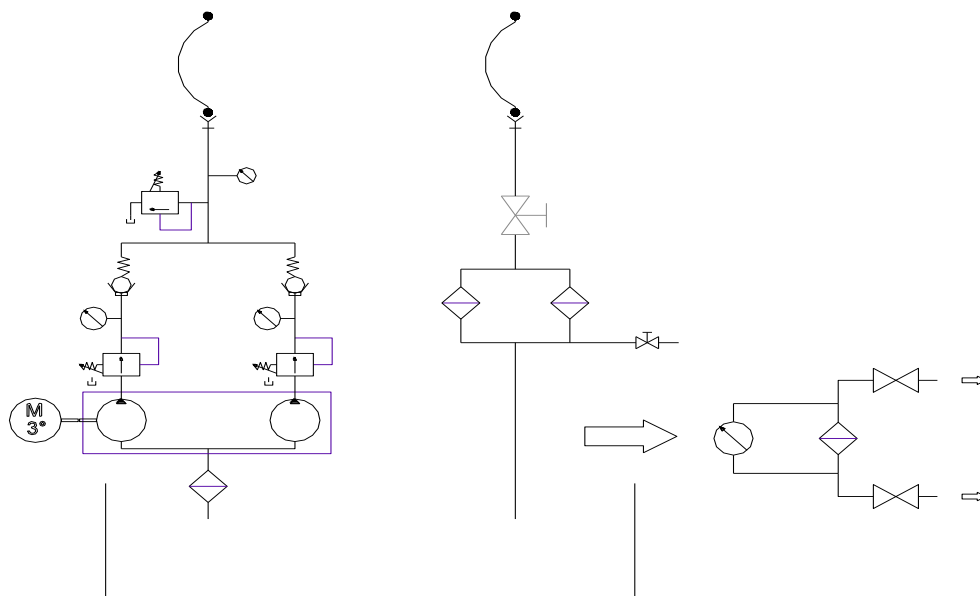


**Figura 4.1** Esquema Isométrico Máquina de Limpieza de Circuitos Oleohidráulicos



## 4.2 DISEÑO DE MÁQUINA DE LIMPIEZA.

El diseño de la máquina, que consiste en satisfacer las necesidades del proceso de limpieza, se muestra en la figura 4.2, y que consta principalmente de:



**Figura 4.2** Diseño de Máquina de limpieza.

- Una bomba hidráulica doble de paleta.
- Un motor eléctrico.
- Un banco de filtros de descarga.
- Un contador de partículas.
- Instrumentos de control y conexión.
- Un estanco hidráulico.
- Válvulas check y de seguridad.
- Filtro de succión.
- Manómetro.

### 4.2.1 Bomba doble de paleta

Según Tabla 3.9 se determina que el rango de caudales necesario para realizar los procesos de limpieza varía entre 55 a 830 L/min, que puede ser satisfecho con distintas bombas de desplazamiento positivo.

En este diseño se selecciona la bomba doble de paletas PARKER T7EE, que como se puede apreciar en la tabla 4.1, ofrece la posibilidad de elegir el aro volumétrico serie 085 para las bocas de presión P1 y P2.

**Tabla 4.1** Series de aro volumétrico para bomba serie T7EE.

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO TIPICAS ( 24 cSt )					
Bocas de presión	Serie	Desplazamiento Volumétrico	Caudal ( L/min ) a 1500 rpm		
			0 bar	140 bar	240 bar
P1 Y P2	042	132,3 ml/rev	198,5	188,5	181,3
	045	142,4 ml/rev	213,6	203,6	196,5
	050	158,5 ml/rev	237,7	227,7	220,6
	052	164,8 ml/rev	247,2	237,2	230,1
	054	171,0 ml/rev	256,5	246,5	239,4
	057	183,3 ml/rev	275,0	265,0	257,9
	062	196,7 ml/rev	295,0	285,0	277,9
	066	213,3 ml/rev	319,9	309,0	302,8
	072	227,1 ml/rev	340,6	330,6	323,5
	085	268,7 ml/rev	403,0	392,0	.....

El aro volumétrico serie 085 a 1500 rpm y 0 bar de presión entrega un caudal de 403 L/min y a 140 bar aporta un caudal de 392 L/min, por lo que a la presión que se realiza el proceso de limpieza nos da un caudal aproximado de 400 L/min. Entonces al tener la bomba en sus dos bocas de presión el aro volumétrico 085 entrega un caudal aproximado de 800 L/min.



**Figura 4.3**Bomba Doble Paleta.

Para regular caudales dentro del rango señalado se considera usar una válvula reguladora de caudal en cada línea de salida.

Las válvulas reguladoras de caudal se pueden calibrar para determinar el caudal de salida en función de la presión, que obviamente se debe realizar para cada válvula en particular, mediante aforo volumétrico. Es decir, durante el proceso de fabricación de la máquina.

Además, debido a las condiciones de trabajo que deberá soportar la bomba hidráulica, por operar siempre con aceites contaminados, la mejor alternativa es usar bombas de paletas, que admiten aceites con menor grado de pureza, son más simples para realizar mantención.

**Tabla 4.2** Bombas de Paleta catálogo General.

<b>BOMBAS DOBLES Y TRIPLES : NIVELES DE PRESION Y GIRO - CATALOGO GENERAL</b>																					
Serie	Tamaño Aro	Cubicaje Teórico VI ml/rev	Giro Mínimo RPM	Giro Máximo			Presión Máxima														
				HF-0, HF-1 HF-2	HF-3, HF-4 HF-5		HF-0, HF-2		HF-1, HF-4, HF-5		HF-3										
				RPM	RPM	RPM	Int. bar	Cont. bar	Int. bar	Cont. bar	Int. bar	Cont. bar									
T7BB/S T67CB T7DB/S T7EB/S T67DBB T67DCB T7DDB/S T7EDB/S	B02	5,8	600	2200 <sup>3)</sup>	1800	T7BB T7BBS 320 <sup>1)</sup>	T7BB T7BBS 290	240	210	175	140										
	B03	9,8																			
	B04	12,8																			
	B05	15,9																			
	B06	19,6																			
	B07	22,5																			
	B08	24,8																			
	B09	27,9																			
	B10	31,5																			
	B11	35,0																			
	B12	40,5																			
	B14	44,2																			
	B15	49,4																			
	T6CC T67CB T67DC T67EC T67DCB T67DCC T67DDCS T67EDC/S	003										10,8	600	2200 <sup>3)</sup>	1800	275	240	210	175	175	140
005		17,2																			
006		21,3																			
008		26,4																			
010		34,1																			
012		37,1																			
014		46,0																			
017		58,3																			
020		63,8																			
022		70,3																			
025		79,3																			
028		88,8																			
031		100,0																			
T7DB/S T67DC T7DD/S T7EDS T67DBB T67DCB T67DCC T7DDB/S T67DDCS T7EDB/S T67EDC/S		B14	43,2	600	2200 <sup>3)</sup>	1800	250	210	240	210	175	140									
	B17	54,0																			
	B20	64,8																			
	B22	70,3																			
	B24	79,6																			
	B28	88,4																			
	B31	97,4																			
	B35	111,4																			
	B38	118,5																			
	B42	135,3																			
	045 <sup>2)</sup>	145,7																			
	050 <sup>2)</sup>	158,0																			
	T7EB/S T67EC T7EDS T7EE/S T67EDB/S T67EDC/S	042	132,3										600	2200 <sup>3)</sup>	1800	240	210	210	175	175	140
		045	142,4																		
050		158,5																			
052		164,8																			
054		171,0																			
057		183,3																			
062		196,7																			
066		213,3																			
072		227,1																			
085		268,7																			

HF-0, HF-2 = Base Petróleo Antidesgate.  
 HF-1 = Base Petróleo Sin Antidesgate.  
 HF-5 = Fluidos Sintéticos.  
 HF-3 = Emulsiones de agua en aceite.  
 HF-4 = Agua Glicol.

### 4.2.2 Motor eléctrico

De acuerdo a las condiciones de trabajo de la bomba T7EE, como se puede observar en la tabla 3.13., las mayores solicitudes y lo equilibrado entre presión versus caudal las representa el sistema de gobierno, donde la presión del proceso es de 20,79 bar y un caudal de 207 l/min, es decir que la bomba debe impulsar los 400 L/min de una boca de presión a 20,79 bar.

**Tabla 4.3** Requerimientos de caudal y potencia de los circuitos.

Circuito	Sistema de gobierno	Presión buque Pesquero	Retorno buque Pesquero	Control buque pesquero	Sistema hidráulico terrestres	Lubricación motores propulsores
Presión del Proceso ( bar )	20,79	6	1,05	112,51	33,73	0,29
Potencia ( hp)	9,64	5,57	1,95	14,09	4,69	0,54
Caudal (L/min.)	207,35	414,69	829,38	55,98	62,2	829,38

De lo anterior se desprende que la potencia mínima que debe recibir el aceite será:

➤  $Potencia = Caudal \cdot Presión$

➤  $Potencia = \frac{400 \frac{l}{min} \cdot 20,79 bar}{450}$

➤  $Potencia = 18,48 HP$

Sumando a la potencia mínima necesaria para la ejecución del proceso, la pérdida de potencia en los accesorios y conexiones de la máquina misma, la pérdida de potencia de la segunda boca de presión de la bomba que se encontrará descargando al tanque y dejando un margen de resguardo para que el motor pueda satisfacer plenamente la potencia requerida sin tener que trabajar a plena carga, el motor eléctrico que impulsará a la bomba T7EE será de:

- Potencia 30 HP.
- Trifásico 380 V.
- Corriente máxima 40 A.
- 1500 rpm.



**Figura 4.4** Motor Eléctrico.

**Tabla 4.4** Características Motor Eléctrico.

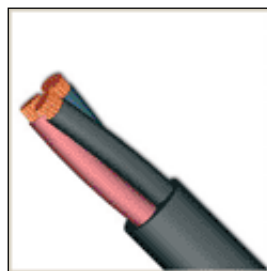
Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado IV In	Par con rotor trabado TV/Tn	Par máximo Tu/Tn	Momento de Inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	380 V							
								Caliente	Frio			RPM	% de la potencia nominal			Corriente nominal In (A)			
													Rendimiento		Factor de potencia				
KW	HP											50	75	100	50	75	100		
IV Polos • 1500 rpm • 50 Hz																			
Carcasas opcionales																			
0,18	0,25	71	1,27	3,3	1,7	1,9	0,00038	30	66	5,5	43	1325	52,9	58,6	57,6	0,54	0,68	0,78	0,609
0,25	0,33	63	1,78	4,1	2,2	2,2	0,00055	23	51	7,2	44	1320	57,5	61,0	59,6	0,57	0,71	0,80	0,797
0,37	0,5	80	2,50	5,0	2,0	2,4	0,00152	23	51	8,5	44	1405	65,4	67,0	66,7	0,62	0,76	0,84	1,00
0,55	0,75	71	3,92	4,0	2,5	2,3	0,00082	23	51	9,5	43	1315	68,7	70,2	68,3	0,55	0,69	0,78	1,57
0,55	0,75	90S	3,71	5,4	2,1	2,4	0,0030	29	64	15,5	49	1405	71,6	73,4	72,3	0,61	0,74	0,81	1,43
0,75	1	90S	5,06	5,4	2,0	2,3	0,0036	20	44	16,5	49	1405	72,0	73,9	72,8	0,62	0,75	0,82	1,91
1,1	1,5	80	7,43	5,8	2,9	3,0	0,0032	10	22	14,5	44	1405	73,3	76,4	75,7	0,63	0,77	0,85	2,60
1,1	1,5	90L	7,40	5,6	2,3	2,4	0,0039	8	18	14,5	47	1405	73,0	76,0	76,5	0,62	0,75	0,83	2,63
1,5	2	90S	10,2	5,5	2,3	2,4	0,0048	8	18	17,0	47	1400	78,5	79,0	79,0	0,65	0,78	0,86	3,35
1,5	2	100L	10,2	5,4	2,1	2,4	0,0052	21	46	24,0	53	1390	79,6	79,1	77,7	0,69	0,79	0,84	3,49
2,2	3	112M	14,6	5,9	1,7	2,5	0,0104	27	59	38,0	56	1435	82,2	82,3	81,5	0,65	0,76	0,82	5,00
2,2	3	90L	14,9	5,8	2,7	2,5	0,0066	8	18	23,0	47	1390	76,0	77,0	76,0	0,65	0,75	0,83	5,30
3	4	112M	19,9	5,9	1,7	2,4	0,0124	16	35	39,5	56	1435	83,8	83,3	82,5	0,67	0,78	0,84	6,58
4	5,5	132S	26,4	6,2	1,5	2,5	0,0285	15	33	57,0	60	1445	84,1	84,7	83,9	0,74	0,84	0,88	8,23
5,5	7,5	112M	36,5	6,3	2,2	2,8	0,0182	11	24	44,0	56	1435	85,5	86,2	85,4	0,66	0,77	0,82	11,9
5,5	7,5	132M	36,2	6,5	2,1	2,5	0,0349	11	24	47,0	58	1445	85,5	86,0	85,6	0,70	0,81	0,86	11,4
7,5	10	132S	49,3	6,7	2,1	2,9	0,0465	8	18	64,5	58	1450	86,5	86,8	86,8	0,71	0,82	0,87	15,1
9,2	12,5	132M	60,4	7,5	2,2	2,8	0,0582	6	13	70,0	58	1450	87,3	87,8	87,4	0,70	0,82	0,87	18,4
11	15	132M/L**	72,2	7,5	2,4	2,7	0,0676	5	11	83,0	58	1450	87,5	88,4	88,0	0,75	0,84	0,89	21,4
11	15	160L	72,0	6,0	2,1	2,5	0,0753	9	20	96,0	61	1455	87,8	88,2	87,6	0,69	0,80	0,84	22,7
15	20	160M	98,2	6,2	2,2	2,7	0,1054	8	18	121	61	1455	89,5	89,7	88,9	0,71	0,79	0,85	30,2
18,5	25	160L	121	6,6	2,4	2,9	0,1123	7	15	135	61	1460	90,1	90,3	89,7	0,69	0,79	0,84	37,3
18,5	25	180L	121	6,6	2,4	2,8	0,1615	12	26	152	61	1460	90,5	90,6	90,0	0,73	0,81	0,87	35,9
22	30	180M	143	6,6	2,4	2,9	0,1884	10	22	164	61	1460	90,8	91,0	90,5	0,72	0,81	0,87	42,5
30	40	180L	196	6,7	2,9	2,9	0,2075	10	22	190	61	1455	91,3	91,4	90,8	0,69	0,78	0,85	59,1
30	40	200M	195	6,3	2,1	2,6	0,3034	13	29	212	65	1465	91,7	91,7	91,2	0,73	0,81	0,86	58,1
37	50	200L	241	6,6	2,3	2,5	0,3735	12	26	237	65	1465	92,3	92,4	91,7	0,76	0,84	0,87	70,5
45	60	200L**	292	6,6	2,3	2,5	0,3735	6	13	255	65	1470	93,1	93,0	92,5	0,72	0,81	0,86	85,9
55	75	225S/M	356	7,0	2,4	2,7	0,8748	9	20	394	66	1470	93,0	93,0	92,7	0,76	0,84	0,83	109
75	100	250S/M	484	7,6	2,4	3,0	1,12	8	18	496	66	1475	93,4	93,4	93,2	0,78	0,85	0,89	137
110	150	280S/M	708	6,8	2,1	2,6	2,57	16	35	735	69	1485	93,7	94,0	93,9	0,78	0,85	0,88	202
132	175	280S/M	849	7,2	2,3	2,6	3,21	14	31	797	69	1480	93,9	94,3	94,1	0,77	0,85	0,87	245
200	270	315S/M	1280	6,9	2,4	2,3	6,34	16	35	1216	71	1490	94,6	94,8	94,5	0,79	0,86	0,88	365
200	270	355M/L	1280	6,3	1,8	2,0	6,34	18	40	1378	76	1490	94,7	94,9	94,9	0,78	0,83	0,86	372
220	300	355M/L	1410	6,4	2,0	2,2	6,89	18	40	1414	76	1490	94,7	94,7	94,7	0,77	0,83	0,86	410
250	340	355M/L	1600	6,8	2,1	2,4	8,12	18	40	1470	76	1490	94,7	94,8	94,8	0,77	0,84	0,86	466
260	350	355M/L	1670	6,4	2,4	2,4	8,12	14	31	1571	76	1490	94,7	94,8	94,8	0,77	0,84	0,86	485
280	380	355M/L	1800	6,6	2,1	2,4	9,02	14	31	1510	76	1490	94,7	94,8	94,8	0,77	0,84	0,86	522
300	400	315L**	1920	7,6	2,5	2,5	9,92	11	24	1540	78	1490	95,6	95,8	95,8	0,76	0,82	0,86	553
315	430	315L**	2020	7,6	2,5	2,5	9,92	11	24	1540	78	1490	95,6	95,8	95,8	0,76	0,82	0,86	580

### 4.2.3 Conexión motor eléctrico

Debido a que la corriente máxima del motor de 30 HP es de 40 A, para la conexión eléctrica del motor se debe utilizar un conductor 3x6 AWG y un aproximado de 30 m de largo de este multiconductor; como se puede apreciar en la tabla 4.5, el conductor 6 AWG resiste una corriente máxima de 40 A.

**Tabla 4.5** Designación conductores eléctricos.

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Kg por Km.	Resistencia (Ω/Km)	Capacidad (A)
5	4,621	16,77	149	1,01	48
6	4,115	13,30	118	1,27	40
7	3,665	10,55	94	1,70	30



**Figura 4.5** Cable 3x6 AWG.

Para la conexión del motor se usará, una conexión estrella-triángulo para lograr un rendimiento óptimo en el arranque del motor, de acuerdo a que los motores trifásicos consumen en la partida unas 6 veces la corriente nominal de operación, también una protección por sobrecarga, contactos auxiliares, pulsadores de partida y parada, luces que indiquen cuando la maquina se encuentre en funcionamiento o alguna falla existente y una caja hermética para armar el conjunto.

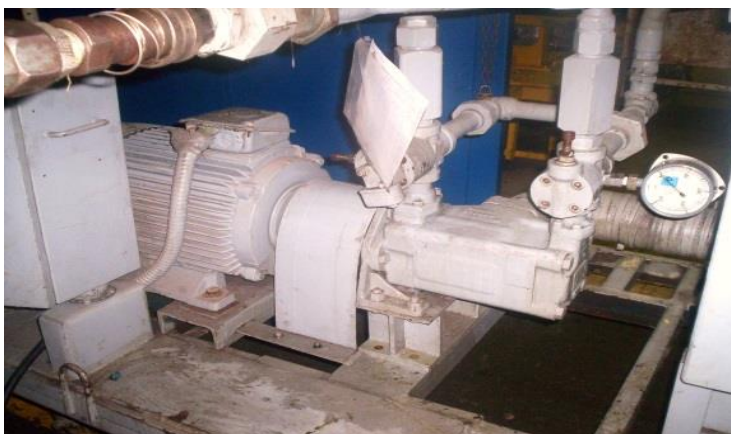


#### 4.2.4 Circuito de descarga de bomba T7EE

El circuito de descarga de la bomba T7EE, en ambas bocas de presión consta de una manguera flexible de alta presión de 1½" de diámetro y 50 cm de longitud, con un codo recto unido por bridas a la descarga de la bomba y un terminal hembra NPT para conectarse al regulador de caudal; una manguera flexible de 1½" diámetro y 1 m de longitud con doble terminal hembra NPT, que conecta la descarga del regulador de caudal al estanque; una manguera flexible de 1½" diámetro y 50 cm de longitud con doble terminal hembra NPT que conecta el regulador de caudal con la conexión del manómetro; una manguera flexible de 1½" y 50 cm de longitud con doble terminal hembra NPT, que va de la conexión del manómetro a la entrada de la válvula check, la cual se fija al manifold de conexión del circuito común de descarga.

El circuito de descarga de la bomba T7EE debe llevar un regulador de caudal con descarga del exceso al estanque, para regular el caudal de descarga, la capacidad de dicho regulador deberá ser de 400 L/min.

Para medir la presión de descarga de la boca de presión P1 se instalará un manómetro de con una conexión "T". Antes de unirse con el circuito común de descarga, la línea de descarga P1 llevará una válvula check para impedir el flujo en sentido contrario cuando P1 no este descargando al circuito de trabajo.



**Figura 4.6** Bomba Doble de Paleta en un Sistema oleo-hidráulico.

#### 4.2.5 Estanque

El estanque para contener el volumen de aceite necesario debe tener una capacidad de 2 m<sup>3</sup> como mínimo por lo que con un estanque de 1,5 m x 1,5 m x 1 m bastará para contener el aceite necesario. El estanque debe ser construido de una plancha de acero de 3 mm de espesor, con las perforaciones para la succión de la bomba, el circuito de retorno, una tapa superior para el llenado de aceite y las descargas al estanque de los distintos elementos, estas últimas por ser de menor diámetro se podrán hacer en el momento del ensamble de los elementos.

El estanque debe llevar en uno de sus costados una tapa de registro que permita hacerle limpieza en los periodos que la máquina se someta a mantención, esta tapa de registro será amarrada sobre una pestaña para evitar contaminar el interior del estanque al apertarla. Con el fin de proteger el estanque de la corrosión y agentes ambientales se le aplicará un esquema de pintura con una capa de anticorrosivo epóxido y una capa de esmalte poliuretano.

Para las distintas entradas y salidas que tendrá el estanque se le instalará pasadas de estanque con un niples de conexión NPT, y la tapa superior para el llenado que cuenta con un respiradero y filtro de aire.



**Figura 4.7** Estanque oleo-hidráulico.

#### 4.2.6 Accesorios

- **Filtro de Succión.**

Filtro o colador de succión el cual cumple la función de proteger la bomba que sigue en el circuito, aunque solo separe los restos de suciedad gruesos y también para evitar que se produzca la cavitación en la bomba, por lo general no se recomienda instalar un filtro muy fino, además con una capacidad superior a los 800 L/min. que entrega la máquina.



**Figura 4.8.** Filtro de succión.

- **Conexión Rápida.**

Los acoplamientos para sistemas hidráulicos, están diseñados para obtener una absoluta fiabilidad durante su vida útil, aun en las condiciones de trabajo más duras. Por el diseño y materiales seleccionados, este acoplamiento es especialmente adecuado en aplicaciones donde otros acoplamientos no son suficientes y para sistemas hidráulicos de alta presión. Además de las cualidades que lo caracterizan estas series, han sido diseñadas pensando en la comodidad, rendimiento y seguridad de la pieza.



**Figura 4.9.** Conexión Rápida.

- **Manguera de Conexión o Flexible.**

Para la conexión de la máquina con el circuito que se encuentra a bordo de las embarcaciones, se debe utilizar una manguera flexible de 20 m de longitud aproximadamente, tal como se muestra en la figura 4.10.



**Figura 4.10.** Manguera Flexible.

- **Conexión de Retorno.**

La conexión de retorno de la máquina tendrá un acoplamiento rápido de 2" NPT, seguido de una válvula de cierre y luego un manifold con 2 salidas de 1" NPT en la que se conectarán los filtros, a la salida de los filtros se conectará otro manifold con 2 entradas de 1" NPT y una salida común de 2" NPT que descargará al estanque.



**Figura 4.11** Válvula de Cierre

- **Filtros.**

Los filtros hidráulicos se utilizan para controlar la contaminación de partículas sólidas externas o generadas internamente por desgaste, por esta razón se utilizaran filtros para un alto caudal el cual lo entrega la máquina y se deben instalar 2 filtros con una capacidad de 400 L/min. Cada uno, con elemento filtrante de 5 micrones y un manómetro de presión diferencial que indique cuando los filtros se encuentran saturados y que se deben cambiar.



**Figura 4.12**Filtros hidráulicos.

- **Toma de Muestras.**

Después de los filtros se debe instalar una conexión “T” con dos vías de 2” NPT y una de ¼” NPT, donde se conectará una válvula de cierre que permita extraer muestras de aceite para su análisis.



**Figura 4.13**Válvula de Toma de Muestras

- **Contador de Partículas.**

El contador de partículas será ubicado en la descarga del banco de filtros, con el objeto de analizar el aceite y entregar un valor aproximado de la cantidad de partículas existentes en el fluido, así también si se encuentra en los valores requeridos por el cliente o por tabla.



**Figura 4.14** Contador de Partículas.

- **Reguladora de caudal con retorno al estanque.**

Esta válvula permite derivar todo o parte del caudal impulsado por la bomba hacia el estanque, con lo cual se puede regular el caudal que circula por el circuito.



**Figura 4.15** Válvula Reguladora de Caudal.

### 4.3 ESTRUCTURA DE SOPORTE.

Con el propósito de que la estructura pueda resistir sin problemas los esfuerzos y sollicitaciones propios de su función y además resistir sobrepesos, cargas, golpes y cualquier otro incidente derivado del medio en que tendrá que mantenerse, ya sea en alguna maestranza o a bordo de alguna embarcación, se deberá sobredimensionar sus elementos a fin de asegurar su resistencia.

El mayor esfuerzo sobre la estructura, es el que deberán soportar las vigas longitudinales de esta, por ser de mayor longitud y constituir el punto de apoyo de la mayoría de las cargas.

Por ser las vigas longitudinales las que concentran el mayor esfuerzo, se realizará el estudio de una de ellas para poder determinar que cumpla con las características deseadas.

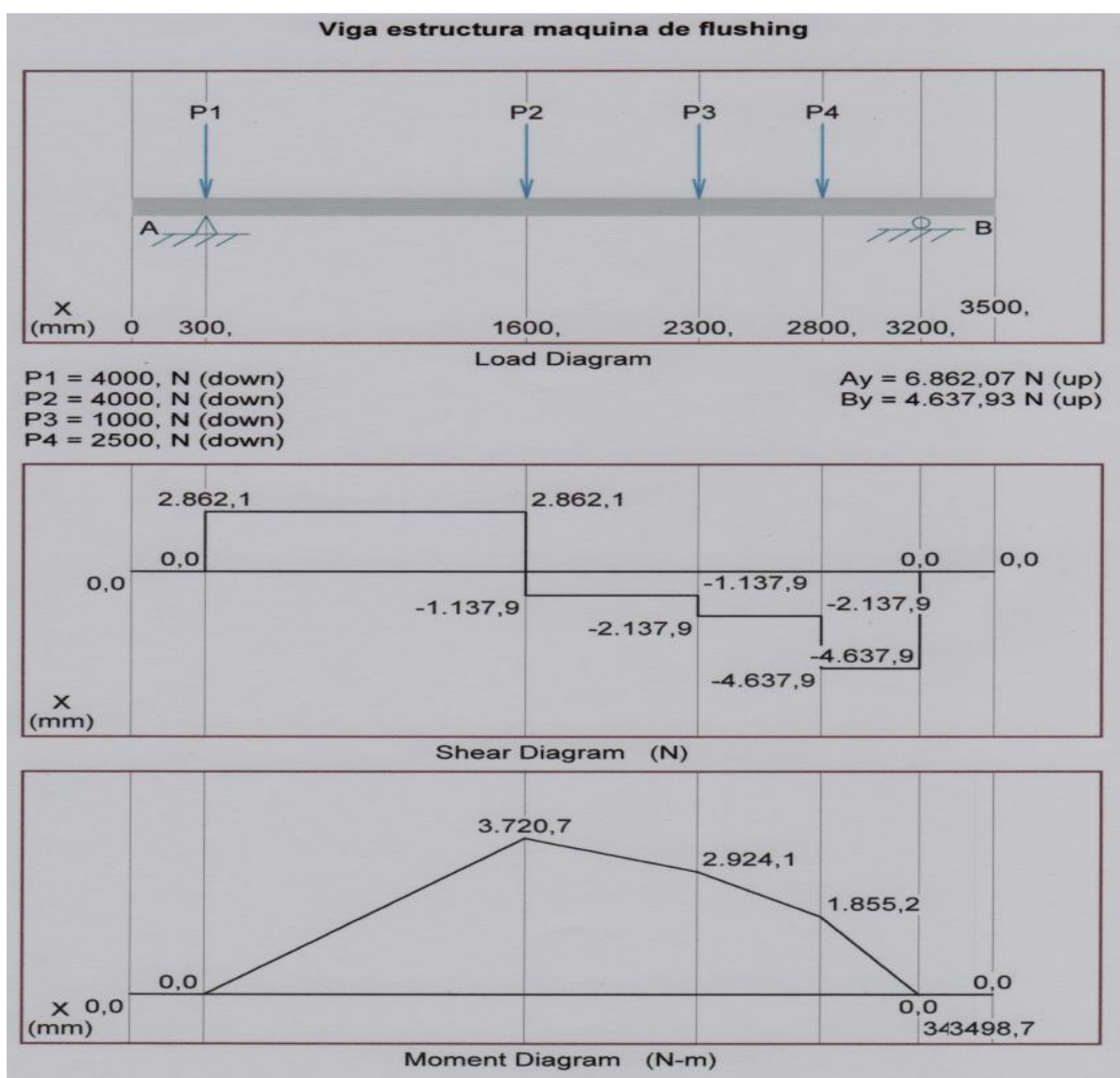
Para la construcción de la estructura en general se utilizará un perfil C de 100x50x6 (mm) cuyas características se aprecian en la siguiente tabla

**Tabla 4.6** Perfiles “C”.

Dimensiones Nominales			Peso Teórico	Área	Propiedades								
A	B	e	P	A	EJE X-X			EJE Y-Y			Flexión		
mm	mm	mm	kgf/m	cm <sup>2</sup>	I	W	i	I	W	i	X	ia	it
				cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm
100	50	2	3,04	3,87	61,50	12,30	3,99	9,72	2,66	1,58	1,34	1,99	0,10
		3	4,48	5,70	88,47	17,69	3,94	14,07	3,89	1,57	1,39	1,99	0,15
		4	5,87	7,47	113,04	22,61	3,89	18,08	5,07	1,56	1,44	2,00	0,20
		5	7,20	9,18	135,28	27,06	3,84	21,77	6,19	1,54	1,48	2,01	0,25
		6	8,49	10,82	155,27	31,05	3,79	25,14	7,25	1,52	1,53	2,01	0,30

**Tabla 4.7** Resistencia de los Aceros Estructurales.

Grados del Acero	Resistencia a la tracción Rm		Límite de fluencia Re	
	Kgf/mm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/mm <sup>2</sup>	MPa
A37-24ES	37	363	24	235
A42-27ES	42	412	27	265
A52-34ES	52	510	34	324
A44-28H	44,9	440	28,6	280



**Figura 4.16** Estudio de resistencia de materiales en la viga longitudinal.



En la figura 4.16, se desglosan las cargas a las que estará sometida una de las vigas longitudinales de la estructura, el diagrama de corte y diagrama de momento flector resultante. Estos datos son obtenidos mediante el software MD SOLID.

De acuerdo a la teoría de falla de Von Misses, y basándose en los datos de la Tabla 4.7 y la figura 4.16 se tiene:

$$\sigma_{eq} \leq \frac{S_Y}{K} \sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\delta^2}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I} \quad \sigma = \frac{372.000 \text{ N} \cdot \text{cm} \cdot 3,79 \text{ cm}}{155,27 \text{ cm}^4} \quad \sigma = 9.080 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 90,8 \text{ MPa}$$

$$\delta = \frac{T \cdot C}{W} \quad \delta = \frac{4.637 \text{ N} \cdot 3,79 \text{ cm}}{31,05 \text{ cm}^3} \quad \delta = 565,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 5,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{90,8^2 + 3 \cdot (5,65^2)} \sigma_{eq} = 91,32 \text{ MPa}$$

Considerando que el perfil de acero utilizado en la confección de la estructura es A37-24ES se tiene:

$$\sigma_{ad} \leq \frac{S_Y}{K}$$

$$K = \frac{S_Y}{\sigma_{eq}} \quad K = \frac{235 \text{ MPa}}{91,32 \text{ MPa}} = 2,58$$

$$K = 2,58$$

Del cálculo anterior se concluye que la parte de la estructura que está sometida a mayor esfuerzo tiene un factor de seguridad de 2,58 lo que significa que puede soportar 2,58 veces el peso para el que fue diseñada.

### 4.3.1 Peso de la Máquina

A continuación se presenta una tabla de peso de los componentes de la máquina de limpieza.

Tabla 4.8 Peso de los Componentes de la Máquina

ITEM	PESO KG
ESTRUCTURA	130
ESTANQUE CON ACEITE	930
BOMBA T7EE	95
MOTOR ELECTRICO	61
ACCESORIOS	100
BASE MOTOR	40
<b>TOTAL PESO EQUIPO</b>	<b>1356</b>

### 4.3.2 Selección de Rueda

De acuerdo al peso total de la máquina se puede seleccionar la rueda apropiada la máquina, por lo tanto el valor total de la carga lo dividiremos por 3, con lo cual una rueda de diámetro de 350mm y que cada rueda soporte una carga de 400 Kg.

Giratoria con Placa



Diam mm.	Banda mm.	Masa mm.	Eje mm.	Altura mm.	Placa mm.	Hilo	Rodamiento Buje	Carga Kgs.
100	30	-	-	120	-	-	-	80
125	40	-	-	160	-	-	-	90
150	40	-	-	180	-	-	-	130
200	50	-	-	230	-	-	-	180
250	75	-	-	285	-	-	-	240
300	75	-	-	330	-	-	-	350
350	75	-	-	375	-	-	-	400

Figura 4.17 rueda con placa giratoria

#### **4.4 FUNCIONAMIENTO.**

Como se puede observar en la figura 4.2., la máquina consta de una bomba doble de paleta accionada por un motor eléctrico.

En las dos bocas de presión de la bomba se conecta un circuito que consta de una válvula reguladora de caudal con retorno al estanque, un manómetro y una válvula unidireccional, para posteriormente unirse en un circuito común dotado de un manómetro, una válvula de seguridad y una conexión rápida a la que se conectará la manguera flexible de conexión con el circuito.

Al ponerse en marcha la máquina las válvulas reguladoras de caudal deben estar descargando el caudal al estanque para que el motor eléctrico parta sin carga. Dependiendo del caudal necesario para el proceso se deberá regular el caudal en las dos líneas de descarga, para derivar la cantidad necesaria de fluido hacia el circuito al que se ejecutará el proceso de limpieza.

Para bajar los costos de la máquina no se considera instalar un instrumento de medición de caudal debido a los elevados caudales con que se trabaja.

Para determinar el caudal con que se está trabajando se propone calibrar las válvulas reguladoras de caudal mediante aforo volumétrico y tabular el caudal que suministra a una presión determinada, la cual será grabada en una plancha de acrílico de un color llamativo y pegada en un lugar visible de la máquina.

Para obtener un caudal determinado se deberá regular la presión de trabajo de la máquina según los datos obtenidos en la tabla, con una o dos bocas de presión de la bomba.

***CAPITULO N°5***  
***ESTUDIO FINANCIERO***

## **5.1 MONEDA A UTILIZAR.**

El dólar, debido que esta divisa se encuentra disponible a nivel mundial, por su facilidad de intercambio y adquisición permite que las transacciones de compra-venta sean mucho más sencillas y expeditas. Su valor actualmente está avaluado en 630 pesos chilenos.

En tanto para realizar este estudio económico se utilizara el peso, debido que esta se utiliza a nivel nacional.

## **5.2 TIPO DE FINANCIAMIENTO.**

El proyecto de Diseño de máquina de limpieza de circuitos oleo-hidráulicos será financiado con fondos particulares.

## **5.3 INVERSION INICIAL**

### **5.3.1 Activos Fijos**

Costo tangible del material que se requiere adquirir para la realización del proyecto de diseño de máquina de limpieza de circuitos oleo-hidráulicos.

**Tabla 5.1.** Costo de elementos para el diseño de máquina de limpieza de circuito

DESCRIPCION ELEMENTO	FORMA ADQUISICION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR FINAL
Bomba de paletas PARKER T7EE, 800 L/min	Comercio	01 unidad	\$ 1.935.000	\$ 1.935.000
Motor eléctrico trifásico 380V,30 hp ,1500 rpm	Comercio	01 unidad	\$ 720.500	\$ 720.500
Partidor directo motor 30hp	Comercio	01 unidad	\$ 134.833	\$ 134.833
Multiconductor 3x3 AWG	Comercio	40 m	\$ 7.550	\$ 302.000
Rueda para alta carga de poliuretano-hierro	Comercio	04 unidades	\$ 32.000	\$ 128.000
Tapa llenado de estanque	Comercio	01 unidad	\$ 28.300	\$ 28.300
Filtro de succión 1000 L/min	Comercio	01 unidad	\$ 95.000	\$ 95.000
Flexible 1 1/2" x 50 cm, conexión NPT	Comercio	06 unidades	\$ 18.350	\$ 110.100
Flexible 1 1/2" x 1 m , conexión NPT	Comercio	02 unidades	\$ 27.500	\$ 55.000
Regulador de caudal 400 L/min	Comercio	02 unidades	\$ 182.300	\$ 364.300
Manómetro 300 bar	Comercio	04 unidades	\$ 18.000	\$ 72.000
Conexión "T" para manómetro	Comercio	04 unidades	\$ 15.000	\$ 60.000
Válvula sheck en línea 400 L/min	Comercio	02 unidades	\$ 85.300	\$ 170.600
Flexible 1" x 50 cm, conexión NPT	Comercio	03 unidades	\$ 12.300	\$ 36.900
Flexible 1" x 1 m, conexión NPT	Comercio	01 unidad	\$ 17.500	\$ 17.500
Válvula de seguridad, regulación por tornillo	Comercio	01 unidad	\$ 325.000	\$ 325.000
Acoplamiento rápido 2" NPT	Comercio	02 unidades	\$ 42.500	\$ 42.500
Válvula de corte 2" NPT	Comercio	01 unidad	\$ 65.000	\$ 65.000
Válvula de corte 1/4" NPT	Comercio	01 unidad	\$ 6.500	\$ 6.500
Conexión "T" 2" x 2" x 1/4"	Comercio	01 unidad	\$ 14.500	\$ 14.500
Filtro de aceite 3 micras 300 L/min	Comercio	01 unidad	\$ 85.000	\$ 255.000
<b>TOTAL</b>				\$ 4.938.533

### 5.3.2 Activos Intangibles.

Los costos por confección, conexión general, conexión eléctrica y puesta en marcha se encuentran considerados debido que estos se realizaran en otros lugares en terreno.

**Tabla 5.2.** Ejemplo de costo de elementos para el diseño de máquina de limpieza

DESCRIPCION ELEMENTO	FORMA ADQUISICION	CANTIDAD	TALLER	VALOR FINAL
Estanque metálico 1,5 m x 1,5 m x 1m	Confección	01 unidad	T-11	\$ 200.000
Estructura metálica base y transporte	Confección	01 unidad	T-11 / T-42	\$ 350.000
Manifold de 3 entradas y una salida, conexión NPT	Confección	01 unidad	T-11 / T-35	\$ 45.000
Manifold, 1 entrada 2" NPT , 3 salidas 1" NPT	Confección	01 unidad	T-11 / T-35	\$ 90.000
Niples para pasada de estanque NPT.	Confección	05 unidades	T-35	\$ 50.000
<b>TOTAL</b>				\$ 735.000

## 5.4 COSTOS DE OPERACION.

### 5.4.1 Costos Directos.

En la caso de los costos directos los cuales son la mano de obra directa, y un total de insumo como luz, agua y aire comprimido, están considerados en el proyecto.

### 5.4.2 Costos Indirectos.

Este ítem no es aplicable en este proyecto puesto que no se incurre en ningún costo indirecto.

### 5.4.3 Gastos Generales.

Los gastos generales tales como administrativos, e insumos para efectuar las pruebas se encuentran consideradas en el proyecto.

### 5.4.4 Ingresos del Proyecto.

Los ingresos del proyecto en este caso será con cada proceso de limpieza que se realice a buques, Pesqueros y maquinarias terrestres lo cual se traduce en dinero, esto favorece a la economía de cualquier empresa, además de la modernización y facilidad de operación para este proceso.

#### **5.4.5 Horizonte de Evaluación.**

El horizonte de evaluación del proyecto es de treinta años dividido en diez períodos de tres años, este horizonte de planificación está basado tomando en consideración la vida útil de los buques, Pesqueros y maquinarias terrestres.

#### **5.4.6 Depreciación.**

El diseño de la máquina de limpieza de circuitos oleo-hidráulicos no sufrirá depreciación debido a que no será declarado ante el servicio de impuestos internos, producto que su valor monetario es muy bajo y no se notará la disminución de la base imponible.

### **5.5 RESUMEN DE INVERSION.**

Como se aprecia en las tablas 5.1. y 5.2. Se consideran como inversión inicial solo los activos fijos y los activos intangibles:

#### **Inversión inicial:**

<b>Activos fijos.....</b>	<b>\$ 4.938.533.</b>
<b>Activos intangible.....</b>	<b>\$ 735.000.</b>
<b>Total de la inversión inicial.....</b>	<b>\$ 5.673.533.</b>
<b>En dólares (\$ 630).....</b>	<b>U\$ 9.005,60.</b>

Para realizar el estudio económico de mejor manera, de las ganancias que se obtendrán con la construcción de la máquina de limpieza, primero se debe analizar la proyección que tiene la mantención o proceso de limpieza a circuitos óleo hidráulicos en buques, pesqueros y maquinarias terrestres en el periodo de vida o de operatividad de estos buques, pesqueros y maquinarias terrestres, es decir en treinta años.

### **5.6 ANALISIS ECONOMICO.**

Todos los buques, pesqueros y maquinarias terrestres como nacionales o extranjeros, los cuales tienen una vida útil de treinta años. Un ejemplo para los buques y pesqueros que en cuyo periodo son sometidos a mantenimiento, los



cuales son estandarizados y sistemáticos, planificados cada cierto tiempo, es así que a cada cuatro años se encuentra establecido realizar una reparación de largo período que tiene como característica principal el desarme total los buques, donde se le realiza un proceso de limpieza a un total de 100 circuitos, el cual se realiza en un aproximado de seis veces durante los 30 años, mientras tanto que a cada dos años los buques son ingresados al dique para una mantención de corto periodo, la cual considera un desarme parcial y que tiene como consigna un proceso de limpieza a un total de 20 a 30 circuitos aproximadamente, de estas reparaciones son consideradas quince en su vida útil.

Es así como:

- 6 REFIT.

**100** circuitos entre buques y Pesqueros que entren a dique es un total **600** circuitos.

- 15 PID.

**30** circuitos de buques que entren a dique es un total **450** circuitos.

- 1.050 circuitos óleos hidráulicos se le realizarían el proceso de limpieza durante la vida operativa de los buques y pesqueros.

Si esto se traduce en horas-hombre el cual es el porcentaje de avance por trabajo, es decir que por realizar un proceso de limpieza en donde trabajan 2 personas se requiere un tiempo de 3 días aproximadamente con un total de 24,75 HH por persona para realizar el trabajo.

Entonces para la cantidad de circuitos a los cuales se le realizará el proceso de limpieza durante un periodo de treinta años nos genera un total de 51.975 HH, los cuales serán los recursos que se utilizarán en caso de no contar con la máquina de limpieza.

Como se pretende reducir el tiempo en el proceso de limpieza por persona a un total de 12,37 HH por cada circuito, esto nos entrega un valor de 25.987,5 HH a utilizar.

**Nota:** Las HH por cada mecánico perteneciente a la sección de mecánica de fluidos tienen un valor de \$4.650 y para clientes tiene un valor de \$12.000. (1 día = 8,25 HH)

Y como se realizó el cálculo de inversión para el Diseño de la Máquina de limpieza de circuitos oleo-hidráulicos, en donde utilizaran **U\$ 9.005,60** mientras que el ahorro en horas-hombre corresponde a 25988 HH lo que traducido en dólares es de un total de **U\$ 191.816,19**.

**En resumen:**

De los **U\$ 191.816,19**. Que se ahorrarán para el proceso de limpieza con la construcción de la máquina en donde utilizarán **U\$ 9.005,60** para su fabricación, esto entregará una ganancia total de **U\$ 182.810,59 (\$ 115.170.671)** durante los treinta años y un ahorro anual de **U\$ 6.093,68 (\$ 3.839.022)** para la recuperación casi inmediata de la inversión.

**CAPITULO N°6**  
**PROTOCOLOS DE OPERACION MANTENCION Y**  
**MEDIO AMBIENTE**

## 6.1 OPERACION

Para la correcta operación de la máquina se deben seguir los siguientes pasos:

- Aislar el circuito al que se realizará el proceso de limpieza y verificar que se encuentre taponeado.
- Conectar la máquina de limpieza al circuito óleo hidráulico ya identificado.
- Conectar la máquina de limpieza al tablero eléctrico y arrancar el motor sólo unos segundos y detenerlo para verificar si está bien el sentido de giro, en caso que gire en sentido contrario invertir dos fases en el tablero de conexión.
- Ajustar las válvulas reguladoras de caudal, hasta obtener el caudal requerido por el proceso. Ya establecido el caudal del proceso, dejar recirculando el aceite por un tiempo aproximado de una hora, luego verificar el contador de partículas y tomar una muestra. En el transcurso del proceso verificar que no existan fugas en el circuito, vigilar las condiciones de funcionamiento de la máquina y el indicador de saturación de los filtros.
- La prueba de presión, se realizará con la máquina detenida, mediante bomba manual luego desconectar la manguera flexible que comunica con el circuito y conectarla a la salida del filtro de aire. Conectar la manguera de suministro de aire a la entrada del filtro y abrir la válvula de paso, con el propósito de soplar el circuito y retornar el aceite al estanque de la máquina, el cual deberá encontrarse con su tapa superior abierta para que escape el aire a la atmósfera y pueda circular libremente hasta dejar totalmente purgado el circuito.
- Una vez purgado el circuito se debe desconectar de la máquina, dejarlo bien taponeado o en su defecto restablecer la conexión, evitando el ingreso de partículas extrañas e impurezas.
- Ordenar y guardar los elementos y herramientas.

### 6.1.1 Prueba de presión.

Está establecido por procedimiento que la prueba de presión que se realiza a los circuitos hidráulicos debe ser realizada de forma “dinámica”, es decir con una bomba hidráulica impulsando un caudal constante durante la ejecución de la prueba y escapando por la válvula de seguridad.

Como en algunos circuitos la presión de prueba es alta, para la realización de dicha prueba existe una gran demanda de potencia, lo que implica que al momento de diseñar una máquina para la ejecución del proceso de limpieza y realización de pruebas de presión a circuitos oleo-hidráulicos, se debe considerar la implementación de un motor eléctrico de gran potencia acompañado de una bomba hidráulica con un reducido caudal, contradiciendo las características necesarias para la ejecución del proceso de limpieza, donde se necesitan elevados caudales con un bajo consumo de potencia eléctrica.

No obstante lo anteriormente descrito, se recomienda realizar las pruebas de presión a los circuitos en forma estática con una bomba de pistón manual como la mostrada en la figura 6.1, la cual tiene la capacidad de mantener una elevada presión en el circuito durante el tiempo que se estime necesario, con un nulo consumo de potencia.



**Figura 6.1** Bomba de pistón manual.

La realización de las pruebas de presión a los circuitos mediante una bomba manual cumple con el requerimiento de mantener un fluido confinado a una presión determinada y por un tiempo determinado al interior de un circuito hidráulico que se encuentra taponeado en uno de sus extremos, y además ofrece algunas ventajas sobre la forma convencional de realizar las pruebas de presión, tales como:

- No requiere un elevado consumo de potencia durante la ejecución de la prueba.
- Se puede mantener una presión estática de hasta 650 bar por el tiempo que se estime conveniente.
- En caso de alguna rotura o fuga en el circuito durante la realización de la prueba, no se derramará una cantidad muy elevada de aceite, debido que al observar que baja la presión se puede acudir de forma inmediata y taponear la fuga, contrario a lo que ocurre con la forma convencional de realizar la prueba de presión, donde en caso de existir alguna rotura en el circuito se derramará una enorme cantidad de aceite ya que la bomba hidráulica seguirá impulsando fluido hasta que el operario se percate de la situación y detenga la máquina, lo que conlleva una enorme pérdida de tiempo limpiando el derrame, además de la pérdida de aceite que se produce.

## **6.2 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS PELIGROSOS**

El cuidado del medio ambiente en el sector industrial es un tema de gran importancia, por el cuidado que se debe tener del entorno, es por ello que el manejo de residuos contaminados se establecen ciertos protocolos que deben cumplirse por lo cual se almacenarán y transportarán residuos líquidos peligrosos, en tambores, camión cisterna, o una combinación de carro y contenedores IBC. El área que ocupen los contenedores estará delimitada por conos y cintas de peligro.

Se considerarán residuos líquidos peligrosos, aquellos que posean las características de peligrosidad, definidos por la legislación vigente. Entre los residuos líquidos peligrosos manejados comúnmente en un Astillero están:

- Aguas de sentina.
- Lavados efectuados a estanques de aceite y combustible.
- Aceites contaminados.
- Combustibles.
- Solventes mecánicos contaminados.
- Diluyentes de pintura contaminados.
- Líquidos de corte.

### **6.2.1 Uso de tambores**

El uso de tambores obligatoriamente, en todas las actividades de trasvasije, almacenamiento y transporte se utilizarán sólo tambores cerrados, de 200 lt., para almacenar residuos industriales líquidos peligrosos con la categoría de "tambor apto para trasvasijar y almacenar residuos industriales líquidos".

Los combustibles y aceites contaminados, envasados en tambores, se trasladan inmediatamente al centro de almacenamiento transitorio de residuos industriales peligrosos de la empresa.

Cuando se realice el llenado de tambores con residuos industriales líquidos, éstos deben llenarse sólo a 80 - 90% de su capacidad.

### **6.2.2 Prohibiciones**

Con el fin de asegurar la manipulación, almacenamiento, transporte o carga en tambores metálicos de 200 litros, se clarifican explícitamente las siguientes prohibiciones.

- Se prohíbe almacenar residuos industriales líquidos peligrosos en tambores abiertos.
- Se prohíbe almacenar tambores con residuos industriales líquidos peligrosos, en paños.
- Se prohíbe habilitar tambores, usando oxicorte u amoladora, para remover la tapa superior.
- Se prohíbe soldar usando tambores como superficie de trabajo.
- Se prohíbe descargar tambores sobre neumáticos en caída libre.
- Se prohíbe cargar y descargar tambores sobre planos inclinados.
- Se prohíbe cambiar de posición vertical a horizontal inclinando en caída libre, el tambor.
- Se prohíbe izar tambores con carga, utilizando como medio de sujeción, agujeros practicados en sus costados.
- Se prohíbe golpear, dañar, deformar, punzar o retirar señalética de tambores cargados con residuos líquidos peligrosos.



**CAPITULO N°7**  
**CONCLUSIONES**

## 7.1 CONCLUSIONES

Se ha realizado el diseño de una máquina de limpieza de circuitos oleo hidráulicos y se obtiene las siguientes conclusiones.

- Las escalas de referencia más utilizadas, para definir la contaminación presente en un sistema oleo hidráulico, están incluidas en las normas ISO 4406 y NAS 1638. Además la calidad del muestreo permitirá detectar los niveles de partículas existentes en el aceite.
- Para realizar una efectiva limpieza dentro de los circuitos es esencial que el flujo sea de régimen turbulento, para ello se debe cumplir que el número de Reynolds sea mayor o igual a 5000.
- Es recomendable efectuar el proceso de limpieza con aceite Tellus 22, dado que se requiere menor potencia y menor caudal para alcanzar un régimen turbulento y, en consecuencia, las presiones con que se efectúa el proceso son más bajas.
- Las características técnicas de la máquina diseñada son las siguientes:
 

∨ Caudal mínimo que puede entregar la máquina	56 L/min
∨ Número de Reynolds mínimo previsto	5000
∨ Caudal máximo que puede entregar la máquina	830 L/min
∨ Número de Reynolds máximo previsto	8000
∨ Presión máxima para la ejecución del proceso	112,5 bar
∨ Potencia máxima disponible para la ejecución del proceso	14 HP

- La viabilidad económica de la máquina diseñada se sustenta en una inversión inicial \$5.673.533, considerando que la vida útil de los circuitos oleo hidráulicos es de 30 años, y que los periodos de mantención parcial y general de los componentes de dichos circuitos se efectúan cada 2 y 4 años.
- Al efectuar los trabajos de limpieza de circuitos, siempre se debe considerar las normas internas de seguridad y de medio ambiente que rigen al sector industrial, para realizar así una labor con altos estándares de calidad.
- Por último esta máquina de limpieza de circuitos oleo-hidráulicos, tiene la ventaja de ser portátil y de fácil traslado. Además consta de un contador de partículas el cual nos ayuda a tener una referencia en terreno.

En resumen, se estima que el presente Seminario de Título cumple los objetivos planteados inicialmente.

## BIBLIOGRAFIA.

1. A.S. Hall, A.R. Holowenco, H.G.Laughlin.

### **“Diseño de máquinas”**

Editorial: Schaum Mc Graw- Hill.

Año: 1975.

2. RanaldV.Giles.

### **“Mecánica de los fluidos e hidráulica”**

Editorial: SchaumMcGraw- Hill.

Año: 1975.

3. **“Catálogo general bombas de paletas”**

Simple, dobles y triples.

Parker. Denison hydraulics

Año: 2006.

4. Schmitt.

### **“Training HydraulicsMannesmanRexroth”**

Editor: G.L. Rexroth GmbH.

Año: 1981.

5. Jaume RifàMolist.

### **“Cuaderno de oleohidráulica”**

Editorial: FaireyArlon.

Año: 2002.

# ANEXO PLANO MAQUINA DE LIMPIEZA DE CIRCUITO OLEO- HIDRAULICO

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

ISOMETRICO GENERAL  
MAQUINA DE LIMPIEZA DE CIRCUITO  
S/E

LISTA DE MATERIALES						
ITEM	MARC.	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO UN.	OBSERVACIONES
1		1	CABLE TRANSPORT			
2		1	ESTANQUE DE ACEITE			
3		1	BOMBA HIDRAULICA			
4		1	MOTOR ELECTRICO			
5		2	FILTRO HIDRAULICO			
6		2	VALVULA DE SEGURANZA C/VO			
7		1	VALVULA DE SEGURANZA C/VO			
8		2	VALVULA DE CORTE			
9		2	MANOMETROS DE 0-2500 PSI			
10		1	MANIFOLDO DE SUccion			
11		1	MANIFOLDO DE LUBRICA			
12		1	VALVULA DE ASPIRACION			
13		1	INDICADOR ELECTRICO			
14		1	VALVULA TORN. INYECTOR			

1	MEIDAS EN MILIMETROS (S.I.C)
N	NOTAS
VISTA GENERAL DE MAQUINA DE LIMPIEZA DE CIRCUITO	
DESIGNADO POR:	
ELABORADO POR:	
FECHA:	1/2007/2015
ESC:	S/E
TITULO:	VISTA GENERAL DE MAQUINA DE LIMPIEZA DE CIRCUITO OIL-CIRCUIT CLEANING
PLANO N°	0001
REV	1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT