UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN- REY BALDUINO DE BÉLGICA

DESARROLLO DE MÁQUINA PARA LIMPIEZA DE CIRCUITOS OLEO HIDRÁULICOS.

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de: Ingeniería de ejecución en mecánica de procesos y mantenimiento industrial.

Alumno:
Javier Fuentealba Bravo.

Profesor guía:
Marcelo Quiroz Neira.

2022

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a todas las personas que me acompañaron en el proceso educativo, a mis padres Isabel Bravo, Nelson Arévalo, a mi abuela, Cecilia Pazzaro, y a mi familia en general, por entregarme siempre las herramientas para la realización de mis estudios, además, agradezco a los docentes que me guiaron siempre y crearon hábitos positivos en mi vida educativa.

DEDICATORIA.

Este logro va dedicado especialmente a mi familia, madre, padre y abuela, que siempre han sido las personas que me han apoyado, tanto en el día a día como en el proceso universitario, todo lo que soy se lo debo a ellos, a sus enseñanza y valores que me han brindado.

SIGLA Y SIMBOLOGÍA.

SIGLA.

ISO: Internacional Organization for Standardization/ Organización Internacional de Normalización.

NAS: National Aerospace Stardad.

SIMBOLOGÍA.

cm: Centímetro.

mm: Milímetro.

m: Metro.

kg: Kilogramo

Ø: Diámetro.

kW: Kilowatts.

HP: horsepower.

Hz: Hercio/ Hertz.

min: Minutos.

s: Segundos.

L: Litros.

$: Peso Chileno.

RESUMEN.

Smartek es una empresa que elabora sistemas dedicados a al área de la madera en donde uno de los sistemas más importantes que produce es el clasificador de tablas. Este equipo cumple funciones relevantes dentro de las empresas donde se desempeña, clasificándolo como un equipo crítico.

El sistema clasificador de tablas cuenta de diferentes partes, y una de ellas es el sistema hidráulico, el cual cumple una función importante en el proceso de este mecanismo.

Es de vital importancia saber que los sistemas oleo hidráulicos necesitan de una limpieza regular en su circuito, para poder cumplir con los objetivos del proceso, es por esto que el sorter en su sección oleo hidráulica, requiere de una limpieza interior para su correcto funcionamiento.

La empresa Smartek encargada de fabricar y vender este sistema clasificador de tablas, no se hace cargo de la limpieza de este, ni entrega la forma correcta de hacerlo, por lo tanto se requiere el desarrollo de un mecanismo el cual pueda cumplir con una limpieza adecuada, evitando así que la maquina sufra de paradas inesperadas, o no desarrolle los objetivos adecuadamente.

El proceso de limpieza más utilizado para los sistemas oleo hidráulicos, es el proceso de flushing el cual limpia internamente el sistema haciendo circular un flujo turbulento dentro del circuito. Este proceso puede ser generado por un mecanismo y adaptado a diferentes maquinas, según sean sus cualidades técnicas.

Este mecanismo puede ser generado a partir de las leyes básicas de la oleo hidráulica, y producido con componentes encontrados en el mercado.

ÍNDICE.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 15

1.2 MOTIVACIÓN. 17

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.

2.1 LA OLEO-HIDRÁULICA 19

2.2 SISTEMA OLEO-HIDRÁULICO 19

2.2.1 VENTAJAS DEL SISTEMA OLEO-HIDRÁULICO. 20

2.2.2 RIESGOS O DESVENTAJAS. 21

2.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA OLEO-HIDRÁULICO 21

2.3.1 DEPOSITO. 21

2.3.2 MOTOR 21

2.3.3 BOMBA HIDRÁULICA 22

2.3.4 VÁLVULAS. 22

2.3.5 ACTUADORES. 22

2.3.6 TUBERÍAS Y CONEXIONES. 23

2.3.7 FILTROS 23

2.3.8 ACEITE HIDRÁULICO. 23

2.4 VISCOSIDAD. 25

2.4.1 VISCOSIDAD DINÁMICA O ABSOLUTA 25

2.4.2 VISCOSIDAD CINEMÁTICA 26

2.4.3 VISCOSIDAD APARENTE 26

2.5 FLUSHING HIDRÁULICO. 27

2.6 NORMATIVA APLICABLE 27

2.6.1 NORMA ISO 4406-1999. 27

2.6.2 NAS 1638. 30

2.7 CONTAMINACIÓN EN SISTEMAS OLEO-HIDRÁULICOS. 32

2.8 RIESGOS DE LA CONTAMINACIÓN. 32

2.9 PROCESO FLUSHING. 33

2.10 NÚMERO DE REYNOLDS. 34

2.11 IMPORTANCIA DEL PROCESO FLUSHING. 36

2.11.1 CIRCUITOS EN LOS QUE SE PUEDE REALIZAR UN FLUSHING. 36

2.11.2 CUANDO ES NECESARIO REALIZAR EL FLUSHING. 37

2.12 ACTIVIDADES PREVIAS AL PROCESO. 38

2.13 PROCEDIMIENTO GENERAL. 38

2.14 SISTEMA DE INTERÉS. 39

2.15 SISTEMA HIDRÁULICO SORTER. 39

2.15.1 UNIDAD DE POTENCIA. 40

2.15.2 SISTEMA DE CONTROL. 43

2.15.3 SISTEMA DE EJECUCIÓN. 44

CAPITULO 3: DISEÑO DE SOLUCIÓN.

3.1 INTRODUCCION. 47

3.2 CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA MÁQUINA. 48

3.2.1 CALCULO DE CAUDAL MÍNIMO. 48

3.2.2 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL ESTANQUE. 50

3.2.3 CÁLCULO POTENCIA MOTOR ELÉCTRICO. 51

3.3 COMPONENTES DEL SISTEMA. 52

3.3.1 BOMBA HIDRÁULICA. 53

3.3.2 MOTOR ELÉCTRICO. 54

3.3.3 ESTANQUE. 56

3.3.4 FILTRO DE SUCCIÓN 57

3.3.5 VARIADOR DE FRECUENCIA. 58

3.3.6 FILTROS. 59

3.3.7 CONTADOR DE PARTÍCULAS. 59

3.3.8 REGULADORA DE PRESIÓN. 60

3.3.9 ESTRUCTURA DE SOPORTE. 60

3.4 FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA. 60

3.5 COMO OPERA LA MÁQUINA. 63

3.6 PROTOCOLOS DE OPERACIÓN. 63

CAPITULO 4: Estudio económico.

4.1 INTRODUCCION. 66

4.2 FINANCIAMIENTO. 66

4.3 COSTOS DE LOS COMPONENTES. 67

4.4 COSTOS DE CONFECCIÓN. 68

4.5 ANÁLISIS DE COSTOS. 68

ÍNDICE DE FIGURAS.

Imagen 2.1 Diagrama sistema oleo-hidráulico..... 19
Fuente: Propia.
Imagen 2.2 Viscosidad..... 26
Fuente: Reliabityweb.
Imagen 2.3 Flujo Turbulento..... 34
Fuente: Thermal engineren
Imagen 2.4 Flujo laminar..... 34
Fuente: Thermal engineren
Imagen 2.5 Sistema hidráulico Sorter. 40
Fuente: Propia.
Imagen 2.6 Unidad de potencia Sistema hidráulico Sorter 41
Fuente: Propia.
Imagen 2.7 Diagrama Unidad de potencia sistema sorter. 42
Fuente: Smartek.
Imagen 2.8 Manifold circuito hidráulico sorter..... 43
Fuente: Propia.
Imagen 2.9 Diagrama Circuito sorter..... 44
Fuente: Smartek.
Imagen 2.10 Diagrama Circuito hidráulico sorter. 45
Fuente: Smartek.
Imagen 3.1 Bomba Hidráulica Parker..... 53
Fuente: Parker.
Imagen 3.2 Motor Eléctrico ABB..... 56
Fuente: ABB
Imagen 3.3 Filtro de succión..... 57
Fuente: Filtrec.

Imagen 3.4 Variador de Frecuencia..... 58
Fuente: VFX-technical-catalog-SP.

Imagen 3.5 Contador de partículas Parker..... 59
Fuente: Parker.

Imagen 3.6 Isométrico Diseño máquina de flushing..... 61
Fuente: Propia.
Imagen 3.7 Vista lateral Maquina de Flushing..... 62
Fuente: Propia.
Imagen 3.8 Vista lateral Máquina de Flushing..... 62
Fuente: Propia.
Imagen 4.0.1 Análisis Pestel de la empresa. 69
Fuente: Propia.

Imagen 4.0.2 Análisis FODA del proyecto. 70
Fuente: Propia.

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2.1 Clasificación ISO de los aceites. 24
Fuente: Widman International.

Tabla 2. 2 Rangos Norma ISO 4406-1999. 29
Fuente: Widman International.

Tabla 2. 3 Código NAS 1638. 30
Fuente: Widman International.

Tabla 2. 4 Equivalencias NAS 1638- ISO 4406. 31
Fuente: Widman International.

Tabla 2.5 Propiedades aceite Shell Tellus 46. 43
Fuente: Aceites Shell.

Tabla 3.1 Catálogo Bombas Parker. 54
Fuente: Parker.

Tabla 3.2 Catálogo Motores eléctricos ABB. 55
Fuente: Motores ABB.

Tabla 3.3 Catálogo filtros. 57
Fuente: Filtrec.

Tabla 3.4 Catálogo variador de frecuencia. 58
Fuente: VFX-technical-catalog-SP.

Tabla 4.1 Costos componentes. 67
Fuente: Propia.

INTRODUCCIÓN.

Los sistemas hidráulicos presentes en los diferentes procesos de una industria cumplen roles importantes y muchas veces esenciales en los objetivos de una empresa siendo estos por lo general sistemas de alto rendimiento, potencia y de elevado costo. Es por ello que mantener los equipos limpios y en buenas condiciones de trabajo es una prioridad, ya que si no cumplen con un correcto funcionamiento la producción puede disminuir, lo que se traduce en pérdidas de tiempo y dinero. Una máquina de limpieza adecuada a los sistemas aplicados puede ayudar a disminuir los problemas presentados por la contaminación, evitando a que los equipos y sus componentes sufran un desgaste innecesario a lo largo del tiempo, asegurando una mayor vida útil y disminuyendo los costos por cambios o mantenciones.

En el presente trabajo de título se desarrollará una máquina de limpieza de circuitos oleo hidráulicos mediante el método de flushing, el cual consiste en la limpieza de interiores de la máquina y sus componentes con la generación de un flujo turbulento.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una máquina para la limpieza de circuitos oleo hidráulicos mediante el sistema flushing.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una máquina que enfocada en la limpieza del sistema hidráulico de un mecanismo clasificador de tablas.

- Realizar protocolos de operación de la máquina.

- Realizar estudio de costos de los componentes de la máquina.

CAPÍTULO 1: Planteamiento del problema.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la empresa Smartek de la ciudad de Coronel, se fabrica un equipo utilizado en la industria de la madera, el cual corresponde a un sorter, que realiza la clasificación de tablas según su tamaño.

Esta máquina consta de un sistema oleo hidráulico el cual debería cumplir con una limpieza interna previa a la puesta en marcha y además cumplir con limpiezas periódicamente para mantener el buen funcionamiento de esta.

La empresa Smartek que desarrolla y vende estos equipos, no incluye la limpieza de estos, ni tampoco genera una máquina que sea destinada a realizar este proceso, no obstante, cuando se produce una venta de estos equipos, los clientes han mostrado el interés por adquirir un mecanismo que logre mantener dicha limpieza en el sorter.

El clasificador de madera en los diferentes aserraderos, cumple una función primordial, calificando así a esta máquina como un equipo crítico, por lo cual una limpieza adecuada en el momento ideal, mantendrá al equipo en condiciones óptimas de trabajo, y generará una disponibilidad mayor, elevando así la producción de la empresa y evitando paradas por mantenimiento innecesarias.

En el siguiente trabajo desarrollaremos una máquina, la cual pueda cumplir con una limpieza adecuada para el mecanismo oleo hidráulico de un sorter clasificador de tablas.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Los clientes que adquieren la máquina clasificadora de tablas lo hacen pensando en una inversión, en la cual a mediano o largo plazo generarán ganancias significativas para la empresa. Todo esto si los procesos de esta máquina se mantienen de forma correcta.

Para que los procesos de la máquina sorter sean los adecuados las mantenciones correspondientes se deben realizar de manera óptima y en los tiempos respectivos. Una mantención correcta evitará paradas inesperadas y perdidas de dinero para la empresa. Realizar una correcta mantención no solo significa reparar o reemplazar elementos del circuito que no se encuentren en condiciones adecuadas para el trabajo, sino también se refiere a la realización de una limpieza para mantener al mecanismo con las condiciones de trabajo correspondientes.

Una de las principales razones por la que se justifica el desarrollo de una máquina de limpieza de circuitos oleo-hidráulicos para el clasificador de tablas es el alargamiento de vida útil y tiempo entre fallas que puede lograr este mecanismo hacia la maquina sorter, debido a que esta máquina está enfocada en las condiciones de trabajo que se requieren para realizar una limpieza óptima.

Otra razón es la ampliación de mercado a la que puede optar la empresa Smartek con este mecanismo, adquiriendo nuevos clientes que pueden estar interesados en los productos ofrecidos la compañía.

1.3 MOTIVACIÓN.

La motivación para este trabajo consiste principalmente en la generación de un equipo el cual pueda cumplir con una limpieza a diferentes circuitos hidráulicos, pero principalmente destinado a la limpieza del circuito oleo hidráulico del clasificador de tablas, diseñado en la empresa Smartek, para así satisfacer las necesidades de los clientes. Además, este proyecto nos permitirá adentrarnos en los diferentes cuidados y procedimientos que se requieren a la hora de manejar un circuito oleo hidráulico.

CAPÍTULO 2: Marco teórico.

2.1 LA OLEO-HIDRÁULICA

La oleo-hidráulica se define como la técnica aplicada para la transmisión de potencia mediante fluidos incompresibles confinados, básicamente fluidos derivados del petróleo, como por ejemplo el aceite mineral.

2.2 SISTEMA OLEO-HIDRÁULICO

Un circuito oleo hidráulico es un conjunto de elementos formado de tal forma que pueda realizar un trabajo o ejecutar una serie de acciones con el objetivo de accionar maquinas o mecanismos mediante la fuerza proporcionada por un líquido aceitoso.

El sistema oleo hidráulico es formado por el motor, la bomba, los elementos de transporte, los dispositivos de regulación y control y por último los elementos destinados a realizas el trabajo.

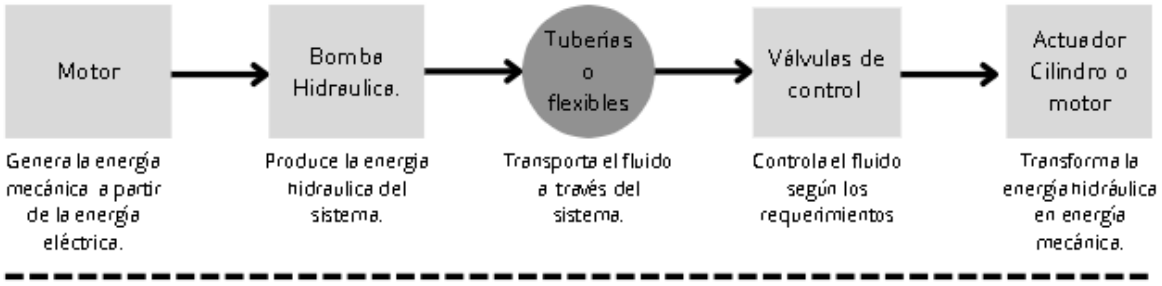

Imagen 2.1 Diagrama sistema oleo-hidráulico

Fuente: Propia.

Por lo general la mayoría de estos sistemas presentes en los procesos industriales son de alto rendimiento y de un costo elevado, ya que estos mecanismos llevan a cabo acciones fundamentales en los procesos de producción de la empresa.

2.2.1 Ventajas del sistema oleo-hidráulico.

- Transmisión de grandes potencias con actuadores cuyas dimensiones son menores a sus pares neumáticos y eléctricos.
- Capacidad de circular el caudal en ambos sentidos.
- No corroe los componentes internos en los que trabaja el aceite, generando más vida útil de los componentes.
- Posibilidad de arrancar y detener el sistema en carga.
- Fácil regulación de la velocidad, debido a que es sencillo regular el caudal de aceite que trabaja.
- El aceite al ser un flujo incompresible su densidad permanece constante, lo que permite un amplio rango de presiones además de un control de posiciones más simple.
- El aceite tiene la capacidad de lubricar y sellar entre cámaras debido a las pequeñas áreas entre cada componente.
- El sistema tiene la capacidad de conseguir movimientos suaves, sin vibraciones y con el ritmo que se desee.
- Al no generar vibraciones permite obtener acabados de calidad.
- Protección del sistema mediante válvulas de seguridad.
- Fácil transformación de movimientos, ya sea de giratorio a rectilíneo o lineal y viceversa.
- La combinación con la electricidad, la electrónica y la informática logra gran simplicidad en el mando además de una fácil regulación, aumentando las posibilidades de trabajo.

2.2.2 Riesgos o desventajas.

- Los circuitos oleo hidráulicos al trabajar con altas presiones se está expuesto a eyecciones de aceite a alta presión lo que podría generar un peligro para los usuarios.
- El sistema es más lento y costoso comparado con sus pares neumáticos y eléctrico.
- Los circuitos generan temperaturas elevadas, por lo que hay que tener un especial cuidado al manejarlos.
- El fluido utilizado en los sistemas, para la transmisión de energía suele ser muy contaminantes, ya que es un derivado del petróleo.
- Existen perdidas de cargas en las tuberías y válvulas las cuales pueden disminuir el rendimiento del sistema.
- Algunos componentes pueden ser ruidosos, especialmente en la zona de la bomba y el motor.

2.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA OLEO-HIDRÁULICO.

2.3.1 Depósito.

El depósito hidráulico tiene como objetivos principales, retener el volumen del fluido, transferir calor del sistema, permitir que los contaminantes solidos se asienten y por ultimo facilitar la liberación del aire y la humedad del líquido.

2.3.2 Motor

El propósito del motor es generar la potencia del sistema, en conjunto con la bomba, este motor puede ser eléctrico o de combustión interna.

2.3.3 Bomba Hidráulica

Las bombas están destinadas a convertir la energía mecánica en energía hidráulica, generando el movimiento del fluido a lo largo del circuito y con esto el caudal del sistema.

El funcionamiento de una bomba se resume en la creación de un vacío en la entrada de la bomba, forzando al fluido de un depósito a una línea de entrada y a la bomba. Esta acción mecánica envía el líquido a la salida de la bomba, introduciendo a este al sistema hidráulico deseado.

Las características principales de la bomba hidráulica son la presión de trabajo, el caudal y el desplazamiento geométrico.

2.3.4 Válvulas.

El fluido que entra en el sistema, el cual esta suministrado por la bomba, necesita ser controlado, regulado y distribuido según los requerimientos y necesidades del circuito. Para controlar dichos parámetros se utilizan las válvulas hidráulicas, las cuales permiten la regulación y control de la presión y caudal, además de la dirección y el paso del fluido en diferentes puntos del sistema.

Las válvulas pueden accionarse de forma neumática, hidráulica, eléctrica, manuales o mecánicas, y se clasifican principalmente en válvulas distribuidoras, reguladoras de caudal y de presión.

2.3.5 Actuadores.

Los actuadores son el resultado final del sistema oleo hidráulico, estos componentes convierten nuevamente la energía hidráulica en energía mecánica, generando los movimientos que requiere el sistema según sus objetivos. Estos actuadores se clasifican en

lineales o rotativos. El primero siendo un actuador que transforma la energía hidráulica en un movimiento lineal (cilindros), ya sea con simple o doble efecto. Los rotativos son motores los cuales generan energía mecánica de giro.

2.3.6 Tuberías y conexiones.

Estos elementos son los encargados de que el fluido circule desde el depósito hacia los diferentes componentes del sistema hidráulico y viceversa. Influyen de manera directa en la regulación del caudal y presión del sistema.

2.3.7 Filtros

La función que cumplen estos componentes es de gran importancia para el correcto funcionamiento del sistema, ya que este se encarga de retener gran parte del material solido contaminante, presente en el aceite que ejecuta el trabajo, al ser devuelto al depósito. Los filtros varían en su nivel de capacidad de retención de partículas (nivel de micas), dependiendo de los requerimientos de limpieza del sistema y sus componentes.

2.3.8 Aceite Hidráulico.

El aceite hidráulico es el elemento principal en un circuito oleo hidráulico, ya que es el elemento elegido para realizar la trasferencia de energía a través de variaciones de presión en el sistema. Este puede ser mineral o sintético, y su viscosidad determinará su clasificación, a través de las normas internacionales que lo rigen. La SAE, la cual clasifica los aceites automotrices, y la ISO VG que clasifica los aceites industriales e hidráulicos.

La Norma ISO VG clasifica a los aceites industriales de acuerdo a su viscosidad a 40°C, generando límites del 10% para máximo y mínimo de viscosidad, partiendo de la media.

Viscosidad ISO	Viscosidad a 40 °C [mm2/s]	Límites de viscosidad	
Nominal	Media	Mínima	Máxima
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10	9.00	11
ISO VG 15	15	13.50	16.5
ISO VG 22	22	19.80	24.2
ISO VG 32	32	28.80	35.2
ISO VG 46	46	41.40	50.6
ISO VG 68	68	61.20	74.8
ISO VG 100	100	90.00	110
ISO VG 150	150	135.00	165
ISO VG 220	220	198.00	242
ISO VG 320	320	288.00	352
ISO VG 460	460	414.00	506
ISO VG 680	680	612.00	748
ISO VG 1000	1000	900.00	1100
ISO VG 2200	2200	1,980.00	2420
ISO VG 3200	3200	2,880.00	3520

Tabla 2.1 Viscosidad DIN 515119.

Fuente: Widman International.

Aun cuando el rol principal del aceite es la transmisión de potencia hidráulica en el sistema, el fluido también tiene otras funciones secundarias, pero no menos importantes para el funcionamiento del equipo. Algunas de estas funciones son:

- Limpieza del sistema.
- Lubricación de piezas y componentes móviles.
- Protección anticorrosiva.
- Minimizar fugas.
- Absorción de ruidos y vibraciones.
- Disipación del calor.

Con todas estas funciones y siendo clave en el funcionamiento de los sistemas, la elección del aceite adecuado al sistema y a las condiciones será clave para el correcto funcionamiento de los mecanismos y componentes.

2.4 VISCOSIDAD.

La viscosidad es una característica relevante de los fluidos, la cual describe la resistencia del líquido a fluir y está relacionada con la fricción interna de este, por lo cual será una propiedad a tener en cuenta a la hora de realizar el proceso del flushing, ya que el aceite que se manejará para realizar la limpieza va a tender a realizar cambios.

Los únicos fluidos que no tienen viscosidad son los fluidos ideales o súper-fluidos, que son fluidos con fricción cero, es decir, pueden fluir infinitamente.

2.4.1 Viscosidad dinámica o absoluta.

La viscosidad dinámica o también llamada viscosidad absoluta se describe como la resistencia interna que se genera entre las moléculas de un fluido, con el objetivo de mantenerse unidas y no dispersarse.

Este concepto se expresa como

$$\textbf{Viscosidad Dinámica} = [KP \times s / mm^2]$$

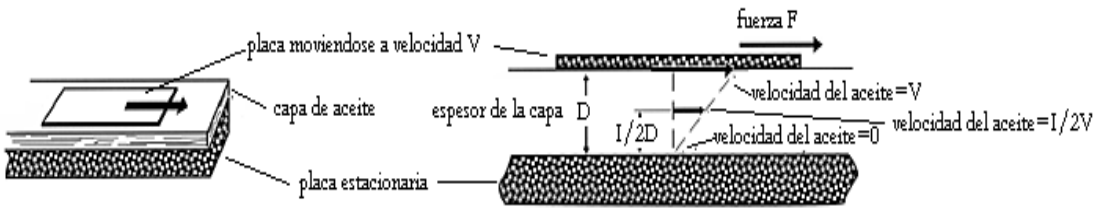

Imagen 2.2 Viscosidad.

Fuente: Reliabityweb.

2.4.2 Viscosidad Cinemática

La viscosidad cinemática es una medida de la resistencia interna de un líquido a fluir bajo la acción de la gravedad.

Para realizar el cálculo de este concepto basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido.

Viscosidad cinemática = [n/d] = [mm^2/s]

Donde:

n= Coeficiente de viscosidad dinámica

d= Densidad

2.4.3 Viscosidad aparente

Es el resultado de dividir el esfuerzo cortante por la tasa de esfuerzo del fluido. Esta propiedad varía con el gradiente de velocidad del material.

La viscosidad aparente no está sujeta a las propiedades del líquido, sino de las condiciones a las que esté sometido dicho fluido.

2.5 FLUSHING HIDRÁULICO.

El Flushing hidráulico consiste en la limpieza de cañerías y mangueras flexibles de los circuitos hidráulicos, haciendo circular a través de ellas aceite en forma turbulenta, con el objetivo de desprender las impurezas y partículas contaminantes encontradas en su interior para no dañar el correcto funcionamiento del sistema.

2.6 NORMATIVA APLICABLE.

Para llevar a cabo diferentes procesos dentro de la industria existen diversas normas que rigen el accionar de los trabajos que se llevan a cabo, y la hidráulica no es la excepción, teniendo una cantidad de normas importantes para la regulación de esta, no obstante, para este caso se hará referencia a dos, las cuales rigen el proceso de contaminación y limpieza dentro de un sistema oleo hidráulico. La ISO 4406 y la NAS 1638, las cuales son de relevancia para el desarrollo de la máquina de flushing.

2.6.1 Norma ISO 4406-1999.

La norma ISO 4406-1999 es conocida internacionalmente por generar parámetros que indican el nivel de contaminación de aceites y fluidos, como también sirve para establecer el nivel de limpieza del aceite requerido para los componentes del sistema hidráulico.

Esta norma considera partículas contaminantes con tres tamaños de referencias: 4 micrómetros, 6 micrómetros y 14 micrómetros, las cuales son representadas en un código compuesto por tres números separados, y cada número representa la cantidad de partículas existentes de cada tamaño (en 100ml de aceite).

Las partículas de >4 y >6 micras indican una tendencia a la formación de depósitos de partículas, mientras que las >14 micras señalan la existencia de partículas más grandes, las cuales generan aún más efectos negativos en el sistema y posibles fallos de componentes.

La norma anterior se representa de la siguiente manera:

CODIGO ISO X / Y / Z

Donde:

- X representa la cantidad de partículas ≥4µm
- Y representa la cantidad de partículas ≥6µm
- Z representa la cantidad de partículas ≥14µm

Cada valor entregado en el código representa un rango en la cantidad de partículas la cual es entregada por la siguiente tabla.

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

Tabla 2. 2 Rangos Norma ISO 4406-1999.

Fuente: Widman International.

.

De esta manera se puede analizar diversos aceites con sus tipos de contaminación asignándole un código según la muestra analizada, por ejemplo, en un código ISO 20/18/15, significa que, en una muestra de 100 ml de fluido, se encontró lo siguiente:

- Entre 5000 y 10000 partículas mayores o iguales a 4 micrones.
- Entre 1300 y 2500 partículas mayores o iguales a 6 micrones.
- Entre 160 y 320 partículas mayores o iguales a 14 micrones.

2.6.2 NAS 1638.

El código NAS 1638 es un estándar norteamericano creado para referenciar la carga de contaminación en un aceite desglosándola en diferentes tamaños de partículas específicos: 5-15 micras, 15-25 micras, 25-50 micras, 50-100 micras y superior a las 100 micras.

Las siglas NAS corresponden al inglés National Aerospace Stardad, lo que refiere a su objetivo principal cuando se creó, el cual era referenciar la contaminación para los componentes hidráulicos de la industria aeronáutica.

El código NAS fue distribuido en 14 clases, las cuales a medida que van aumentando de categoría indica una mayor cantidad de partículas de suciedad en el sistema. Además, esta se referencia de forma aproximada a la norma ISO, no obstante, con un desglose más detallado de los tamaños de las partículas.

Código NAS 1638 Numero de particulas én 100 ml	CODIGO	5-15µm	15-25	25-50	50-100	>100µm
	00	123	22	4	1	0
	0	250	44	8	2	0
	1	500	89	16	3	1
	2	1 000	178	32	6	1
	3	2 000	356	63	11	2
	4	4 000	712	126	22	4
	5	8 000	1 425	253	45	8
	6	16 000	1 850	506	90	16
	7	32 000	5 700	1 012	180	32
	8	64 000	11 400	2 025	360	64
	9	128 000	22 800	4 050	720	128
	10	256 000	45 600	8 100	1 440	256
	11	512 000	91 000	1 200	2 880	512
	12	102 4000	182 400	32 400	5 710	1 024

Tabla 2. 3 Código NAS 1638.

Fuente: Widman International.

.

Los resultados del código NAS tienen como desventaja que no genera la distribución de las partículas como lo hace el código ISO y aunque algunos fabricantes de equipos hidráulicos especifican la tolerancia de la limpieza de sus máquinas en código NAS, siempre es recomendable buscar la equivalencia en el código ISO 4406 que corresponda.

Equivalencias	
NAS 1638	ISO 4406
00	10/8/6
0	11/9/7
1	12/10/8
2	13/11/9
3	14/12/10
4	15/13/11
5	16/14/12
6	17/15/13
7	18/16/14
8	19/17/15
9	20/18/16
10	21/19/17
11	22/20/18
12	23/21/19

Tabla 2. 4 Equivalencias NAS 1638- ISO 4406.

Fuente: Widman International.

2.7 CONTAMINACIÓN EN SISTEMAS OLEO-HIDRÁULICOS.

Los sistemas hidráulicos de alta presión que existen actualmente en las diversas industrias requieren un control estricto de la contaminación en el sistema. Mucha de esta contaminación entra al mecanismo en el proceso de fabricación y/o ensamblaje, y debe ser removida con rigurosidad antes de que el equipo comience su funcionamiento, para asegurar que el funcionamiento de este sea el adecuado, además de evitar problemas, como paradas por mantenimientos correctivos y disminución de la vida útil del sistema o de sus diferentes componentes.

No solo los sistemas nuevos deben ser debidamente limpiados antes del funcionamiento inicial, sino también los reconstruidos, ya sea por reestructuración del mismo, o por la suma o cambios de diferentes componentes de dicho equipo.

2.8 RIESGOS DE LA CONTAMINACIÓN.

Anteriormente hemos observado la importancia del aceite para los sistemas oleo hidráulicos, no solo para la transmisión de energía, sino para muchas otras actividades, es por eso que la contaminación por partículas sólidas dentro del fluido pueden reducir drásticamente la vida útil de los componentes mecánicos, aumentando la tasa de desgaste, lo que por consiguiente causa problemas en el rendimiento y disponibilidad de un equipo, generando así pérdidas significativas para una empresa.

Las partículas sólidas dentro de un sistema oleo hidráulico por muy pequeñas que sean, son extremadamente abrasivas, aumentando así el desgaste de los equipos los cuales pueden ser críticos y de elevado costo. Además, esta contaminación puede reducir la velocidad con la que se llevan a cabo los movimientos de los componentes, llegando a tal punto en el que un exceso de partículas puede definitivamente impedir los movimientos de las válvulas.

Las partículas contaminantes en un sistema oleo hidráulico son invisibles al ojo humano, siendo muchas veces este un motivo para el poco cuidado que se tiene con respecto a la suciedad dentro del mecanismo. La medida utilizada para medir el tamaño de estas partículas

son las micras. Considerando que la partícula más visible al ojo humano es aquella que su tamaño asciende a las 40 micras, la cual equivale al polvo encontrado en diversas zonas del hogar, los contaminantes dañinos apercibidos en el aceite están muy por debajo de esa medida, siendo las partículas de entre 5 a 15 micras las que más causan problemas en el sistema hidráulico. Este tamaño de contaminante puede moverse fácilmente por el sistema a través del aceite, llegando así a los diferentes equipos que componen el mecanismo y causando daños y obstrucciones en estos.

La contaminación es tan relevante en el funcionamiento de un sistema oleo hidráulico que se estima que cerca del 70% de las fallas prematuras producidas, son a causa de partículas sólidas contaminantes en el fluido hidráulico.

Los daños que puede causar la contaminación son elevados, un grupo de partículas que viaja dentro del sistema puede generar aún más contaminantes con el degaste que va produciendo en los componentes

2.9 PROCESO FLUSHING.

El proceso de flushing tiene como objetivo principal realizar una limpieza interior de los conductos de diversos sistemas hidráulicos. Este proceso se logra generando un flujo turbulento, ya sea con el mismo fluido con el que trabaja normalmente el sistema o aceites especialmente diseñados para limpieza de circuitos.

El flujo turbulento el cual tiene características diferentes al normal con el que trabaja la máquina, genera un desplazamiento del aceite dentro del sistema a una mayor velocidad, lo que permite que este fluido pueda remover las partículas sólidas que se encuentran dentro del sistema, las cuales provocan daños cuando, la máquina realiza su funcionamiento habitual.

Para conseguir este régimen que permitirá la limpieza mediante el flushing, se debe analizar el circuito al que se le realizará el proceso, debido a que las propiedades de este sistema determinaran las necesidades físicas y mecánicas del fluido turbulento.

Para que un flujo sea denominado como turbulento, debe cumplir con una característica principal, esta debe ser que su número de Reynolds debe ser superior a los 3000,

Las variables principales en un circuito son el diámetro interior de los conductos, el tipo de fluido que se utilizara, y la velocidad que llevara el líquido en el proceso

2.10 NÚMERO DE REYNOLDS.

El número de Reynolds es uno de los conceptos más importantes en la mecánica de fluidos, el cual consiste en un número adimensional utilizado para clasificar un flujo como laminar, turbulento o algún punto intermedio entre ambos. Su valor estará definido por diferentes factores como la viscosidad del fluido, su velocidad y el diámetro interno del conductor.

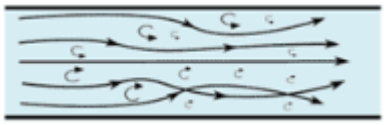

Imagen 2. 3 Flujo Turbulento

Fuente: Thermal engineren

Imagen 2.4 Flujo laminar.

Fuente: Thermal engineren

Este número indica la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas de un fluido.

- Las fuerzas de inercia son las que tiene cualquier cuerpo al que se le aplica una aceleración o desaceleración, y se puede expresar como el producto entre la masa y la aceleración. Aplicando este concepto a los fluidos se tiene la siguiente expresión.

$$\text{Fuerza de inercia} = \rho \cdot v2 \cdot L2$$

Donde:

- ρ= Densidad

- v= Velocidad del fluido
- L= Longitud característica

– Las fuerzas viscosas es la oposición que tiene el fluido a moverse libremente, debido al rozamiento de sus partículas internas y se puede expresar como:

$$Fv= \mu \cdot Lc \cdot v$$

Donde:

- μ= Viscosidad dinámica del fluido.
- v= Velocidad del fluido.
- Lc= Longitud característica.

Un flujo se denomina como laminar cuando su velocidad es baja y fluye en líneas rectas a lo largo del eje del tubo. A medida que la velocidad que tiene el flujo va aumentando se logra la "velocidad critica" la cual hace que el flujo se disperse, perdiendo asi las líneas rectas y generando un movimiento de torbellino en el que se forman corrientes cruzadas y remolinos, llegando así al denominado flujo turbulento. En el proceso que existe entre el flujo laminar y el turbulento, hay un momento intermedio, el cual se conoce como "régimen de transición".

Entonces si llevamos estos conceptos al número de Reynolds, obtendremos que un flujo se considera laminar cuando su número de Reynolds es menor a 2000. Por el contrario, cuando el número de Reynolds supera los 3000, el flujo se considerará turbulento. Y por último cuando el valor este entre ambos números, se generará el régimen de transición.

La ecuación que utilizaremos para conocer el número de Reynolds, y así clasificar a los flujos según su régimen será la siguiente:

$$Re = (v * dh * 1000) / \nu$$

Donde:

- V= Velocidad en [m/s].
- dh= Diámetro hidráulico [mm]
- ν = Viscosidad Cinemática [mm2/s]

Por lo tanto, el número de Reynolds en un sistema oleo hidráulico dependerá tanto de las condiciones del fluido, como también de la geometría que tendrá el circuito donde se desplazará el aceite.

2.11 IMPORTANCIA DEL PROCESO FLUSHING.

Por lo analizado anteriormente con respecto a la contaminación dentro los sistemas oleo hidráulicos, la realización de la limpieza cobra una vital relevancia, y el método de flushing permite la realización de esta de manera simple y completa, además de tener una capacidad de análisis y respuesta para futuras fallas debido a una posible contaminación. A través de esta se puede realizar un estudio de niveles de contaminación por componentes, clasificando así diferentes tipos de sistemas.

2.11.1 Circuitos en los que se puede realizar un flushing.

El proceso de flushing se puede realizar en tres diferentes tipos de circuitos hidráulicos. Principalmente este proceso de limpieza se les realiza a circuitos hidráulicos en los que el aceite genera la transmisión de fuerzas, debido a la importancia de mantener estos sistemas en óptimas condiciones de limpieza para que el trabajo se realice de manera correcta.

Por otra parte, los circuitos de lubricación son relevantes en muchos procesos de la industria, por lo cual la limpieza de estos también se torna importante para su correcto funcionamiento,

es por esto que el flushing es de gran ayuda al momento de mantener limpio este tipo de sistemas.

Por último, los circuitos que a través de fluidos térmicos transportan calor desde la zona de generación hasta la de consumo, requieren de una limpieza inicial intensa, la cual garantice la ausencia de partículas contaminantes, esta limpieza puede ser lograda a través de proceso flushing.

El flushing es aplicable en diversas empresas y/o industrias, tales como:

- Industria petroquímica
- Automoción
- Siderurgias y empresas de transformación del metal.
- Industria alimentaria.
- Industria naval.
- Industria papelera.
- Industria energética.
- Farmacéuticas.

2.11.2 Cuando es necesario realizar el flushing.

No siempre es necesario la realización del proceso de flushing, sin embargo, existen situaciones donde es relevante llevarlo a cabo.

- Cuando se instalan cañerías nuevas a un sistema hidráulico, ya sean recién fabricadas o reutilizadas.
- Luego de reparaciones relevantes al sistema hidráulico.
- Cuando se observa niveles de contaminación superiores a los admisibles en los sistemas.
- Cuando alguna cañería o flexible fue sometida a alguna limpieza química o intervención.

2.12 ACTIVIDADES PREVIAS AL PROCESO.

Antes de comenzar el proceso de limpieza mediante el flushing existen acciones previas que se deben seguir.

Lo primero que se debe realizar es la especificación de los adaptadores, flanges, flexibles y conectores que se utilizaran para la unión de los tramos del circuito a limpiar.

Es necesario comprobar que los circuitos se encuentren drenados, si estos contienen fluido aún, se toma una muestra de este, para efectuar un análisis de contaminación. Luego del análisis se procede drenar el circuito.

Si existen cañerías o flexibles que se encuentren oxidados en el circuito, estos se deben someter a limpiezas químicas antes de realizar la limpieza.

Una vez desconectado el circuito que será limpiado, se debe taponar todos los extremos por donde se puede generar una fuga.

2.13 PROCEDIMIENTO GENERAL.

El proceso general para realizar el flushing comienza con el traslado de materiales y equipos necesarios al lugar donde se llevará a cabo la limpieza. Una vez instalados en el lugar se aísla el tramo del circuito al que se le realizará el proceso, para luego conectar la máquina de flushing al circuito a limpiar. Luego de conectar se verifica que el circuito se encuentre sellado y taponado de tal manera que no existan filtraciones. Después de realizar todas las observaciones correspondientes, se procede a conectar eléctricamente la máquina y poner en marcha el proceso de flushing, este se debe realizar hasta alcanzar el nivel de limpieza requerido por el circuito, bajo las normas correspondientes (ISO 4406).

Una vez logrado el nivel de limpieza solicitado se drena el circuito y se desconecta la máquina.

Finalmente se restituye el circuito y se sella para prevenir una nueva contaminación.

2.14 SISTEMA DE INTERÉS.

Como se ha visto anteriormente la máquina de flushing puede ser utilizada en distintos circuitos oleo hidráulicos que requieran de una limpieza para mejorar las condiciones de trabajo, y este mecanismo no será la excepción, sin embargo, como propuesta principal, este trabajo estará centrado en la creación de la maquina enfocada en la limpieza del circuito hidráulico de un sorter, el cual se utiliza para la clasificación de tablas según su tamaño, en diferentes aserraderos. Este sistema clasificador de tablas es un equipo costoso en el mercado, y cumple una función primordial en las empresas que lo utilizan, siendo así un equipo crítico, el cual es muy relevante en el proceso de producción de los aserraderos, y genera ganancias significativas, por lo cual la limpieza de este circuito es esencial, para mantener las condiciones de trabajo optimas, alargar la vida útil, y así poder evitar fallas y paradas por exceso de contaminación.

El sorter consta de diferentes partes en el circuito, una de ellas es la zona hidráulica, donde se realizará la limpieza mediante flushing. En esta etapa las tablas se segregan y se acumulan según el tamaño, llegando así a acumular un peso aproximado de dos toneladas de tablas. Este peso debe ser soportado por un cilindro hidráulico, el cual además debe realizar el movimiento que transporte las tablas a la siguiente etapa. Es por esto que la limpieza cobra vital relevancia, debido a que, si el actuador comienza a tener problemas en el funcionamiento debido a la contaminación, el proceso de la máquina de sorter se verá interrumpido, generando así pérdidas significativas para la empresa que adquiere estos equipos.

2.15 SISTEMA HIDRÁULICO SORTER.

La parte hidráulica del circuito de interés consta de tres secciones principales, pero además cumple con dos funciones diferentes. Las dos funciones son, el transporte de las tablas

acumuladas según tamaño, hacia la zona de empaque, por medio de un cilindro hidráulico el cual puede llegar a soportar un peso de dos toneladas aproximadamente. Y la otra función del circuito hidráulico cumple con el orden de las tablas para que estas con se pasen de una sección a otra, por lo tanto, los cilindros en este caso son de menor tamaño y de menor carrera.

Imagen 2.5 Sistema hidráulico Sorter.

Fuente: Propia.

2.15.1 Unidad de potencia.

En la unidad de potencia se encuentran tres elementos principales los cuales dan la fuerza al mecanismo para realizar el trabajo correspondiente, estos componentes son el motor eléctrico, la bomba y el estanque de aceite.

Imagen 2.6 Unidad de potencia Sistema hidráulico Sorter

Fuente: Propia.

Como se puede observar en la figura, cada sistema contiene su propio conjunto de bomba motor, y se comparten el estanque de aceite, no obstante, los dos conjuntos son iguales y tienen las mismas características con un motor Leeson el cual trabaja a 11kW (15HP) con 1475 rpm, y una bomba hidráulica Bosch- Rexroth la cual para el proceso de traslado de madera trabaja con una presión de 124 bar, y para el proceso de seccionamiento su presión es de 54 bar.

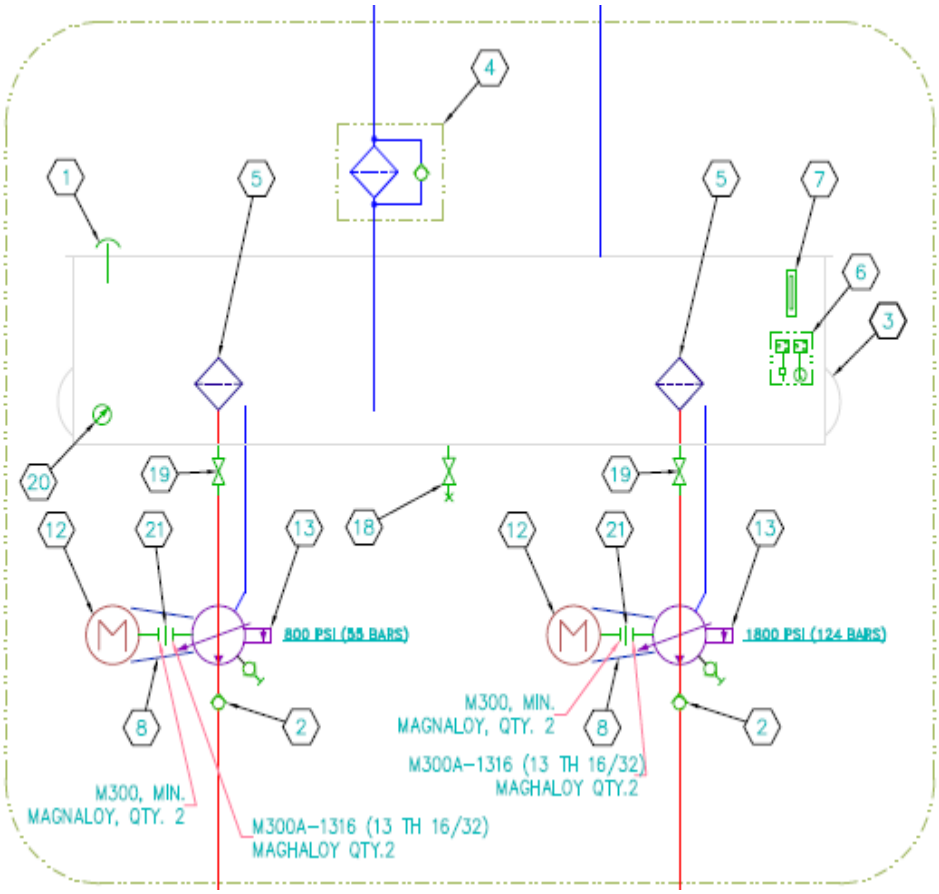

Imagen 2. 7 Diagrama Unidad de potencia sistema sorter.

Fuente: Propia.

.

El estanque compartido contiene el aceite utilizado por el mecanismo para la transmisión de fuerza. El aceite utilizado es el Shell tellus 46 el cual es uno de los aceites más utilizados en la transmisión de fuerza por mecanismos oleo hidráulicos, este es un fluido de alto rendimiento que proporciona una excelente protección. Además, ayuda a prevenir la formación de depósitos dañinos que pueden disminuir la eficacia del sistema de energía hidráulica.

Properties			Method	Shell Tellus S2 MX 46
Tipo de fluido ISO				HM
Viscosidad Cinemática	@0°C	cSt	ASTM D445	580
Viscosidad Cinemática	@40°C	cSt	ASTM D445	46
Viscosidad Cinemática	@100°C	cSt	ASTM D445	6.9
Índice de Viscosidad			ISO 2909	105
Densidad	@15°C	kg/l	ISO 12185	0.856
Punto de Chispa (COC)		°C	ISO 2592	230
Punto de Fluidez		°C	ISO 3016	-30
Color			ASTM D1500	L0.5
Separación de Agua		minutos	ASTM D1401	20
Vida de TOST		horas mínimo	ASTM D943	5000

Tabla 2.5 Propiedades aceite Shell Tellus 46.

Fuente: Shell.

2.15.2 Sistema de control.

Luego de generar la potencia mediante el conjunto bomba motor, el aceite pasa al punto de control a través de los conectores, donde un manifold de válvulas produce el paso del aceite hacia los cilindros que ejecutan la acción requerida, todo esto mediante válvulas direccionales y anti retorno.

Cada manifold de válvulas controla dos cilindros, en ambos sistemas.

Imagen 2.8 Manifold circuito hidráulico sorter.

Fuente: Propia.

2.15.3 Sistema de ejecución.

En los sistemas de ejecución encontramos los cilindros hidráulicos, los cuales realizan el trabajo, dependiendo de las condiciones dadas por los manifold de válvulas. Los cilindros de transporte de carga son de simple efecto y ejecutan el proceso más pesado, mientras que los cilindros de ordenamiento son de doble efecto.

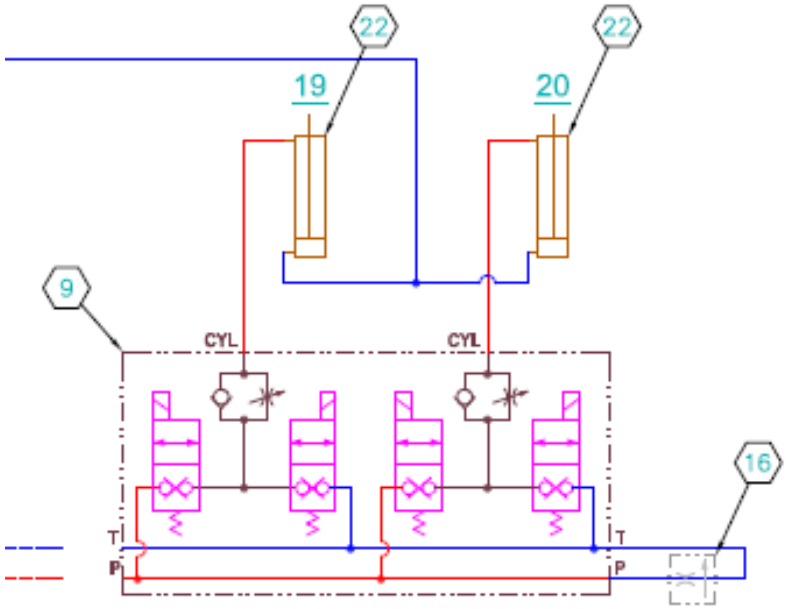

Imagen 2.9 Diagrama Circuito sorter

Fuente: Propia.

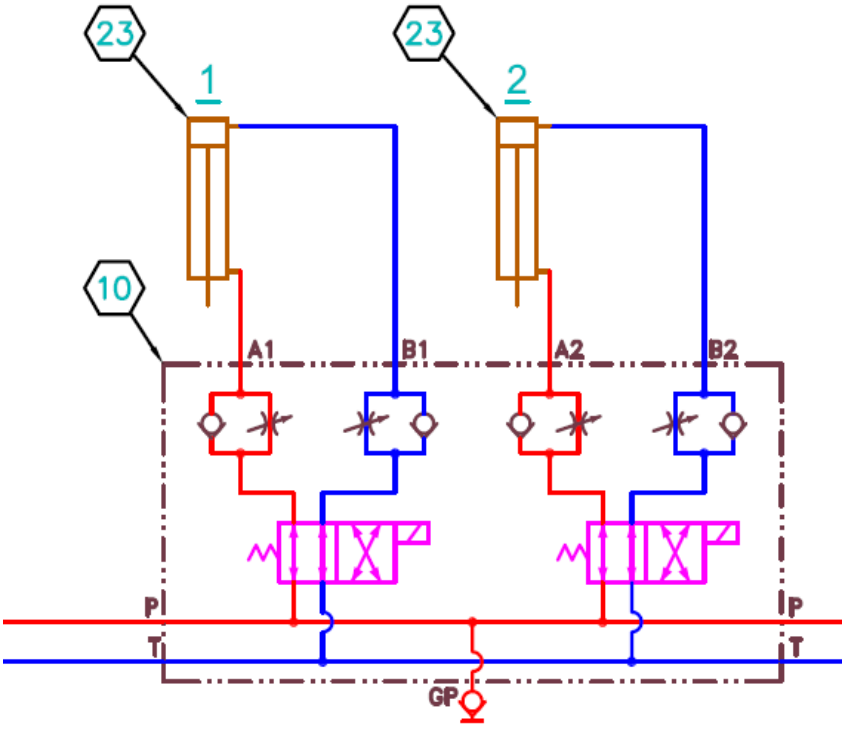

Imagen 2.10 Diagrama Circuito hidráulico sorter.

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 3: Diseño de solución.

3.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se detallan los pasos seguidos para el diseño de la máquina de flushing, considerando lo planteado en los capítulos anteriores, referente a la importancia de mantener los circuitos hidráulicos en condiciones óptimas, especialmente en el nivel de contaminación.

Para comenzar el diseño es fundamental comprender las necesidades de distintas empresas de contar con un mecanismo de limpieza que permita la fácil adaptación de sus diferentes sistemas hidráulicos, independiente de la ubicación y recursos energéticos disponibles cerca del área de trabajo. Además de identificar los diámetros de tuberías a los cuales abarcaremos, con el objetivo de generar los cálculos de velocidad requeridos para cumplir con el Reynolds superior a 4000.

Para los cálculos nos guiaremos por un equipo hidráulico crítico encontrado en un aserradero, el cual corresponde a un sorter hidráulico (clasificador de tablas), que requiere una limpieza de aceite de forma regular. A partir de estos parámetros que nos indicara este equipo, realizaremos los cálculos necesarios para lograr el objetivo principal del flushing que es realizar un flujo laminar con un numero de sobre 4000 Reynolds, el cual permite remover las partículas de contaminación dentro del sistema. Además, con estos cálculos, seleccionaremos los componentes necesarios para generar la máquina ideal.

Para realizar el diseño se tendrá en cuenta componentes comerciales para facilitar la reparación y/o sustitución de estos, cuando la máquina presente desperfectos técnicos o de funcionamiento.

3.2 CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA MÁQUINA.

Antes de seleccionar los componentes se generarán los cálculos adecuados para saber cuáles son nuestros parámetros de interés a la hora de escoger la capacidad de la máquina.

3.2.1 Cálculo de caudal mínimo.

Para generar el cálculo de caudal mínimo requerido por nuestro sistema, con el objetivo de lograr flujo turbulento con un Reynolds de 4000 o superior vamos a identificar los diámetros de las cañerías utilizadas en nuestro sistema de interés (sorter hidráulico), el cual nos dice que el flexible de mayor diámetro interior es de 50mm. Además, para realizar el flushing utilizaremos el mismo aceite con el que trabaja la máquina, el cual es el Shell Tellus 46.

Por lo tanto, el cálculo de caudal mínimo necesario será el siguiente.

- Reynolds (Re) $\geq$ 4000.
- $Re = (V * Øi) / \Upsilon$
- $V = \frac{Q}{A}$
- $A = \frac{\pi \times Ø^2}{4}$
- $Q = A * V$

  Donde:

  V= Velocidad (cm/s)

  Øi = Diámetro interior Cañería (cm)

  Υ= Viscosidad Cinemática (mm^2/s)

  Q= Caudal (L x min).

A= Área (cm^2).

Entonces para realizar el cálculo de caudal primero necesitaremos calcular dos variables importantes, el área interna de la cañería y la velocidad necesaria.

- $A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 5cm^2}{4} = 19{,}63cm^2$

El área de la cañería de referencia será de 19,63cm^2.

Para calcular la velocidad necesaria utilizaremos la siguiente formula.

- Re = (V * Di) / ϒ
- V = Re* ϒ / Di
- V = 4000* 0,414(cm^2/s) / 5 cm
- V = 331(cm/s)

– Para realizar el cálculo de velocidad se toma en cuenta la viscosidad cinemática mínima del aceite ISO VG 48, la cual según tabla corresponde a 41,4 (mm^2/s).

– **Por ende la velocidad necesaria para generar un régimen turbulento en la cañería seleccionada será de 331 (cm/s)**

Teniendo ambos cálculos realizados se da paso a calcular el caudal mínimo necesario para la bomba.

- Q = A * V
- Q = 19.63cm^2 * 331(cm^2/s).
- Q = 6497,53 (cm^3/s)
- Q = 389,85(L/min).

A partir de los cálculos realizados anteriormente se puede afirmar que la bomba necesaria para cumplir con los objetivos de la maquina deberá generar un **caudal mínimo de 389,85 litros por minuto.**

3.2.2 Cálculo de la capacidad del estanque.

Para realizar el cálculo de la capacidad del estanque habrá que tener dos puntos en cuenta, el primero nos dice que para realizar este se debe tener en consideración el caudal del sistema, donde la recomendación es que la capacidad del estanque sea alrededor de 4 veces mayor que el caudal entregado por la bomba. Además, el estanque no solo debe disponer de espacio para el aceite, sino también se debe considerar un espacio de aire, teniendo en cuenta las variaciones de nivel que existirán durante el proceso oleo hidráulico, este espacio disponible para el aire debe ser de alrededor de un 30% de la capacidad total. Por lo tanto, el cálculo del estanque de aceite será el siguiente.

- Volumen estanque = Q*3*1,3
- Volumen estanque = 389,85*3*1,3
- Volumen estanque = 1520,41 litros.

Por ende, el estanque deberá tener una capacidad aproximada de 1520,41 litros.

3.2.3 Cálculo potencia motor eléctrico.

El motor eléctrico es la fuente de energía de la máquina de flushing por lo que el cálculo de la potencia necesaria para entregar la fuerza al sistema será muy importante. Para realizar este cálculo utilizaremos la siguiente formula.

Para el cálculo de esta fórmula se utilizará una presión promedio al realizar un flushing la cual es de 60 Bar aproximadamente.

- Potencia del motor= $\frac{Q*P}{600}$

- Potencia del motor=389,85(L/min) *60(bar) /600

- Potencia del motor= 38.9kW

- Potencia del motor= 52,16HP.

Entonces la potencia mínima necesaria en el motor eléctrico para cumplir con las necesidades del circuito será de 38,9kW o 52,16HP.

3.3 COMPONENTES DEL SISTEMA.

Con los cálculos realizados anteriormente conocemos los parámetros necesarios de la máquina con el fin de realizar una limpieza adecuada al sistema de interés, por lo cual esos datos obtenidos nos darán paso a la correcta selección de componentes que formarán la máquina de flushing.

El diseño de la máquina con la cual se pretende cumplir con la limpieza mediante flushing constara de los siguientes componentes.

- Motor eléctrico.
- Bomba hidráulica.
- Acoplamiento.
- Estanque hidráulico.
- Válvulas anti retorno y de seguridad.
- Filtro de succión.
- Contador de partículas.
- Manómetro.
- Filtros de retorno.
- Variador de frecuencia.
- Válvulas de bola.

3.3.1 Bomba hidráulica.

Para la selección de bomba hidráulica del circuito se tomará como referencia el cálculo de caudal mínimo requerido por la máquina, el cual se realizó anteriormente y nos entregó un valor de 389,85lts/min. Con este valor seleccionaremos la bomba adecuada.

Otro factor importante en la selección de una bomba para el proceso flushing es la contaminación que deberán soportar los componentes, por lo que para este caso utilizaremos una bomba de paleta, la cual permite trabajar mejor con los aceites de menor grado de pureza, y además consta de una fácil mantención.

Imagen 3.1 Bomba Hidráulica Parker.

Fuente: Parker.

Una vez determinado el tipo de bomba que se utilizará, se procede a buscar en el catálogo de Parker cual es la bomba que cumplirá con el caudal requerido. En el catálogo de bombas de paleta se encuentran de diferentes tipos y capacidades, y la que más se acerca a nuestros

requerimientos es la bomba Parker SERIES T7E/ T7ES, la cual es una bomba simple con un peso de 43kg y tiene las siguientes especificaciones en cuanto al caudal.

Bocas de presión	Serie	Desplazamiento volumétrico Vi	Caudal qVe [l/min] & n = 1500 RPM		
			p = 0 bar	P = 140 bar	P =240 bar
T7E T7ES	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[1)]	-

Tabla 3.1 Catálogo Bombas Parker.

Fuente: Parker.

.

Como se indica en la figura anterior, la bomba seleccionada puede alcanzar los 403litros por minuto, con una presión de 0 Bar, en el aro volumétrico de la serie 085, por lo que está dentro de los parámetros necesarios para realizar el flushing.

3.3.2 Motor eléctrico.

Anteriormente se realizó el cálculo de la potencia necesaria para el motor eléctrico la cual nos arrojó un valor de 38,9kW por lo cual ese valor será referencia para la selección del motor correspondiente.

Potencia					Eficiencia [%]			Factor de potencia				Corriente			Torque			Momento de inercia		
					% de la potencia nominal							In	Is	Ivacio	Tn	Ts	Tmax	J=1/4GD2	Peso	Ruido
[kW]	[HP]	Tipo		r/min	50	75	100	50	75	100	FS	[A]	In	[A]	[Nm]	Tn	Tn	[kgm2]	[kg]	[dBA]
4 polos = 1500 r/min				400 V	50 Hz												Diseño básico			
0,25	0,34	M2QA	71 M4A	1395	59,8	63,3	65,5	0,55	0,66	0,72	1,15	0,77	5,2	0,6	1,7	2,1	2,7	0,00053	11	43
0,37	0,5	M2QA	71 M4B	1395	63,6	69,4	68,5	0,55	0,68	0,75	1,15	1,0	5,2	0,7	2,5	2,1	2,7	0,00066	11	45
0,55	0,74	M2QA	80 M4A	1410	68,3	71,4	73,5	0,52	0,65	0,72	1,15	1,5	5,2	1,1	3,7	2,4	2,7	0,00145	16	46
0,75	1	M2QA	80 M4B	1415	72,1	75,2	74,5	0,53	0,67	0,75	1,15	1,9	6,0	1,4	5,1	2,4	2,6	0,00174	17	46
1	1,5	M2QA	90 S4A	1400	74,7	77,8	77,5	0,61	0,73	0,78	1,15	2,7	6,0	1,5	7,5	2,3	2,4	0,00254	21	52
1,5	2	M2QA	90 L4A	1390	78,2	79,2	78,5	0,63	0,75	0,79	1,15	3,5	6,0	1,8	10,3	2,3	2,6	0,00317	25	52
2,2	2,9	M2QA	100 L4A	1430	80,0	82,3	81,5	0,65	0,78	0,81	1,15	4,9	6,0	2,8	14,7	2,3	2,7	0,00679	32	53
3	4	M2QA	100 L4B	1420	82,2	82,5	82,8	0,67	0,79	0,83	1,15	6,3	6,5	3,1	20,2	2,3	2,8	0,00862	36	53
4	5,4	M2QA	112 M4A	1430	82,3	84,6	85,0	0,64	0,77	0,82	1,15	8,3	6,5	4,8	26,7	2,3	2,8	0,01306	45	56
5,5	7,4	M2QA	132 S4A	1430	86,2	87,1	86,0	0,59	0,71	0,85	1,15	10,9	6,5	4,6	37	2,3	2,9	0,02673	60	59
7,5	10	M2QA	132 M4A	1440	88,0	88,3	88,5	0,60	0,72	0,85	1,15	14,4	6,5	5,9	50	2,3	2,7	0,03432	73	59
11	15	M2QA	160 M4A	1460	89,0	90,0	89,5	0,72	0,84	0,85	1,15	20,9	6,5	8,4	72	2,4	2,8	0,06543	116	66
15	20	M2QA	160 L4A	1460	89,5	90,4	90,0	0,75	0,84	0,86	1,15	28	6,5	9,4	98	2,3	2,4	0,09349	137	66
18,5	25	M2QA	180 M4A	1470	89,1	90,9	91,0	0,79	0,88	0,86	1,15	34	6,5	13,9	120	2,3	3,0	0,16049	170	66
22	29	M2QA	180 L4A	1470	89,2	90,0	91,5	0,75	0,84	0,88	1,15	39	6,5	16,4	143	2,4	3,0	0,18046	186	66
30	40	M2QA	200 L4A	1470	91,0	91,8	92,2	0,77	0,86	0,88	1,15	53	6,5	22	195	2,2	2,9	0,28190	254	71
37	50	M2QA	225 S4A	1480	89,9	91,2	92,6	0,76	0,83	0,85	1,15	67	7,0	29	239	2,2	2,7	0,37000	308	73
45	60	M2QA	225 M4A	1480	90,0	91,7	92,8	0,79	0,86	0,87	1,15	80	7,0	32	290	2,2	2,7	0,42000	335	73
55	74	M2QA	250 M4A	1480	90,6	91,3	93,4	0,83	0,90	0,87	1,15	98	7,0	27	355	2,4	2,7	0,78000	450	76
75	101	M2QA	280 S4A	1480	93,1	93,9	94,0	0,83	0,84	0,87	1,15	133	6,5	33	484	2,4	2,3	1,10000	534	78
90	121	M2QA	280 M4A	1480	93,9	94,5	94,2	0,83	0,87	0,87	1,15	158	7,2	41	581	2,3	2,7	1,35000	592	78
110	147	M2QA	315 S4A	1486	92,2	93,5	94,5	0,83	0,88	0,88	1,15	192	6,9	51	707	2,1	2,9	2,85960	930	80
132	177	M2QA	315 M4A	1486	93,9	94,0	94,8	0,83	0,88	0,88	1,15	229	6,9	58	848	2,1	2,8	3,18480	1030	80
160	214	M2QA	315 L4A	1485	92,6	94,5	94,9	0,82	0,89	0,89	1,15	275	6,9	61	1029	2,1	2,8	3,67650	1050	86
200	268	M2QA	315 L4B	1485	92,8	94,2	95,0	0,82	0,89	0,89	1,15	343	6,9	108	1286	2,1	3,0	4,25160	1100	86
250	335	M2QA	355 M4A*	1490	94,3	94,5	95,3	0,82	0,88	0,90	1,15	420	6,9	139	1602	2,1	2,6	6,77000	1546	87
315	422	M2QA	355 L4A*	1490	94,6	94,8	95,6	0,82	0,88	0,90	1,15	528	7,0	174	2019	2,1	2,3	8,20000	1821	87

Tabla 3.2 Catálogo Motores eléctricos ABB.

Fuente: ABB.

Observando los valores del catálogo de motores eléctricos de inducción de la marca ABB, se selecciona un motor con una potencia de 50Hp y de cuatro polos, el cual tiene una velocidad media de 1500 rpm al igual que la bomba anteriormente escogida. Además, este motor trifásico trabaja con 50 Hz y tiene un peso aproximado de 308kg.

Imagen 3. 2 Motor Eléctrico ABB.

Fuente: ABB.

3.3.3 Estanque.

El estanque hidráulico debe tener un volumen aproximado de 1500 litros, como se indicó anteriormente en los cálculos, para poder contener el aceite y además dejar un espacio libre para las variaciones de nivel. Este estanque se puede construir con una plancha de acero inoxidable de 2 a 3mm de espesor, esto nos permitirá adaptarlo para que cumpla con las condiciones correspondientes, tales como, la perforación para la succión de la bomba, el circuito de retorno, la tapa de llenado del estanque ubicada en la zona superior, y por ultimo diferentes perforaciones para elementos de medición y limpieza del estanque, las cuales se pueden realizar en la etapa de ensamblaje de la máquina.

Para que el estanque pueda alcanzar los 1500 litros se deberá formar una estructura con medidas aproximadas de 1,5 x 1 x 1 metros.

Este componente se puede realizar en la misma empresa Smartek, por lo cual no será necesario buscarlo en el mercado.

3.3.4 Filtro de succión

El filtro de succión cumple la función de proteger a la bomba de los residuos que queden en el estanque, o que sigan en el circuito, evitando que la bomba aspire estas impurezas, además este componente puede evitar la cavitación en la bomba.

Se debe seleccionar un filtro que cumpla principalmente con el caudal requerido por la máquina, es decir, 389 litros por minuto. No obstante, siempre se recomienda un valor un poco superior al caudal de la máquina.

CODIGOS	CATALOGO	CONEXIÓN NPT	FLUJO MÁXIMO LT/MIN
OLEFIL066	FS-1-11-B3	½"	25
OLEFIL067	FS-1-20-B4	¾"	60
OLEFIL068	FS-1-30-B5	1"	100
OLEFIL100	FS-1-30-B6	1 ¼"	100
OLEFIL069	FS-1-30-B7	1 ½"	100
OLEFIL070	FS-1-33-B7	1 ½"	250
OLEFIL071	FS-1-34-B8	2"	360
OLEFIL072	FS-1-40-B8	2"	360
OLEFIL073	FS-1-43-B10	3"	500
OLEFIL074	FS-1-42-B9T125	2 1/2"	400

Tabla 3.3 Catálogo filtros.

Fuente: Filtrec.

En la tabla 3.3 se puede ver el catálogo de filtros de succión de la empresa Filtec. De este catálogo se selecciona el filtro OLEFIL074, el cual trabaja con un flujo máximo de 400 litros/minutos, y tiene una conexión NPT de 2 ½".

Imagen 3.3 Filtro de succión.

Fuente: Filtrec.

3.3.5 Variador de frecuencia.

Para que el motor pueda cumplir con diferentes rangos de velocidades y el mecanismo sea aún más completo, se instalará un variador de frecuencia. Este será seleccionado a partir del valor de potencia nominal del motor de 37 KW.

Modelo VFX	Intensidad de salida máx. [A]*	Rendimiento normal (120 %, 1 min cada 10 min)			Rendimiento intensivo (150 %, 1 min cada 10 min)			Tamaño **	Clase IP
		Potencia a 400 V [kW]	Potencia a 460 V [CV]	Intensidad nominal [A]	Potencia a 400 V [kW]	Potencia a 460 V [CV]	Intensidad nominal [A]		
VFX48-003-54	3,8	0,75	1	**2,5**	0,55	1	2,0	B	IP54 montaje en pared
VFX48-004-54	6,0	1,5	2	**4,0**	1,1	1,5	3,2		
VFX48-006-54	9,0	2,2	3	**6,0**	1,5	2	4,8		
VFX48-008-54	11,3	3	3	**7,5**	2,2	3	6,0		
VFX48-010-54	14,3	4	5	**9,5**	3	3	7,6		
VFX48-013-54	19,5	5,5	7,5	**13,0**	4	5	10,4		
VFX48-018-54	27,0	7,5	10	**18,0**	5,5	7,5	14,4		
VFX48-026-54	39	11	15	**26**	7,5	10	21	C	
VFX48-031-54	46	15	20	**31**	11	15	25		
VFX48-037-54	55	18,5	25	**37**	15	20	29,6		
VFX48-046-54	69	22	30	**46**	18,5	25	37		
VFX48-061-54	92	30	40	**61**	22	30	49	D	
VFX48-074-54	111	37	50	**74**	30	40	59		
VFX48-090-54	108	45	60	**90**	37	50	72	E	
VFX48-109-54	131	55	75	**109**	45	60	87		
VFX48-146-54	175	75	100	**146**	55	75	117		
VFX48-175-54	210	90	125	**175**	75	100	140		
VFX48-210-54	252	110	150	**210**	90	125	168	F	
VFX48-250-54	300	132	200	**250**	110	150	200		
VFX48-295-54	354	160	250	**295**	132	200	236		

Tabla 3.4 Catálogo variador de frecuencia.

Fuente: VFX-technical-catalog-SP.

A partir del catálogo mostrado en la tabla 3.4 se selecciona el variador de frecuencia VFX48-074-54 el cual cumple con la potencia requerida por el motor anteriormente seleccionado.

Imagen 3.4 Variador de Frecuencia.

Fuente: VFX-technical-catalog-SP.

3.3.6 Filtros.

Para los objetivos de la máquina de flushing los filtros serán de gran importancia y en este caso buscaremos los adecuados y la cantidad necesaria para cumplir con lo requerido. Para este mecanismo utilizaremos 2 filtros que cumplan con el caudal requerido, 389lts/min. Cada filtro deberá ir con un manómetro de presión diferencial, el cual nos indicara si los filtros se encuentran congestionados.

3.3.7 Contador de partículas.

Una vez realizado el filtro del aceite que va circulando se monta un contador de partículas en línea, el cual nos dará un indicio de la calidad del filtrado del fluido y de las partículas contaminantes presentes aun en el sistema.

Imagen 3.5 Contador de partículas Parker.

Fuente: Parker.

El contador de partículas Parker es la opción más eficiente, este consta de tecnología láser y permite una supervisión fiable y continua del aceite, además contiene Leds de advertencia inicial e indicadores digitales.

3.3.8 Reguladora de presión.

La válvula reguladora de presión nos permite controlar la presión existente en el circuito oleo hidráulico. Esta válvula se accionará al momento de alcanzar la presión previamente establecida (60bar) permitiendo mayor seguridad al momento de realizar el proceso.

3.3.9 Estructura de soporte.

Para la realización de la estructura se debe seleccionar un acero de bajo carbono, debido a su alta maleabilidad y a la variedad de formas y tamaños que se pueden fabricar con estos.

La estructura puede ser fabricada en la empresa Smartek debido a la alta gama de maquinaria que se tiene para la realización de este tipo de trabajos, esta se puede realizar de acuerdo a los requerimientos del cliente.

3.4 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

Como se observó anteriormente en la selección de componentes de la máquina, esta consta de una unidad de potencia compuesta por una bomba hidráulica de paleta simple, la cual es accionada por un motor eléctrico de jaula ardilla, y genera la succión del aceite desde el estanque, pasando por un filtro de succión, hacia una válvula reguladora de caudal. Luego el caudal regulado se dirige hacia un manómetro y una válvula anti retorno.

En la siguiente sección se encuentra una válvula de seguridad, con retorno al estanque, la cual se abrirá si se excede la presión al momento de realizar el flushing. Un exceso de presión podría ser perjudicial para el proceso, debido a que si la presión es muy alta el flujo se podría volver laminar.

Una vez pasada la válvula de seguridad se tiene un manómetro para verificar la presión sea la adecuada, llegando así a la conexión hacia el circuito al que se le realizara la limpieza.

En la siguiente etapa cuando el fluido pase por el circuito de interés, volverá al estanque, pasando así por una válvula de cierre y luego por un banco de filtros los cuales ejecutaran la limpieza de las partículas contaminantes en el circuito. En esta etapa además se encuentra una línea adicional con una válvula de cierre la cual servirá para realizar la toma de muestra del aceite que está circulando por el circuito, para así medir la calidad de este.

Finalmente, el aceite pasa por un contador de partículas en línea y vuelve al estanque para volver a realizar el proceso hasta obtener la calidad de limpieza adecuada según sea requerido.

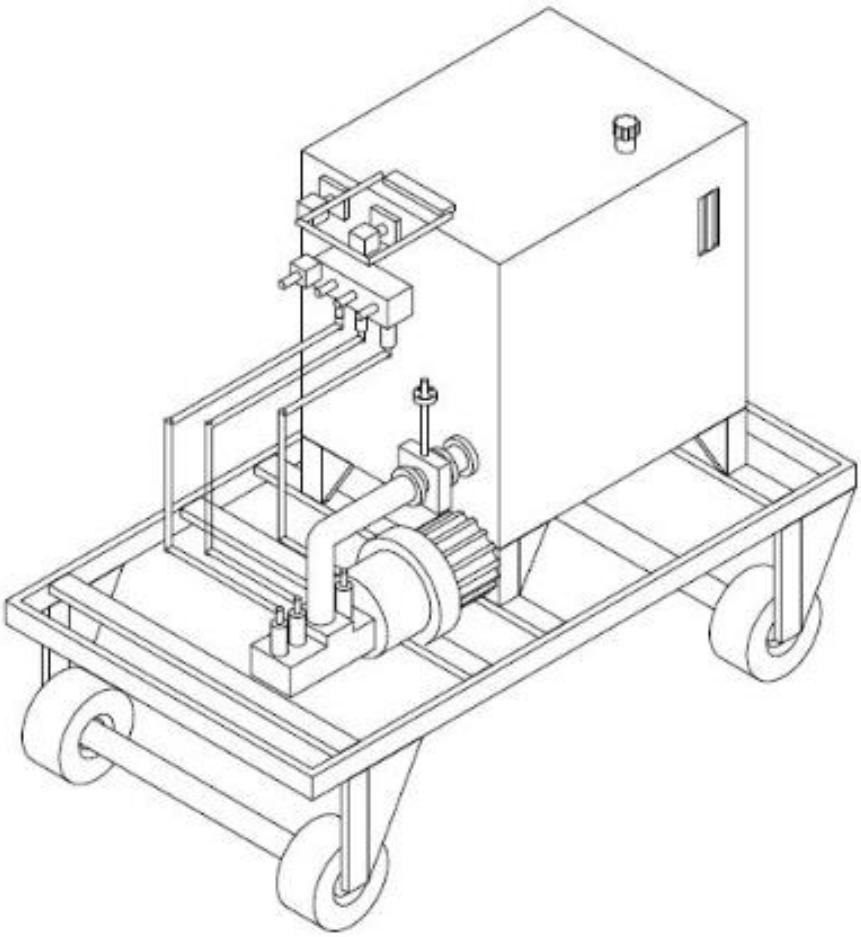

Imagen 3.6 Isométrico Diseño máquina de flushing.

Fuente: Propia.

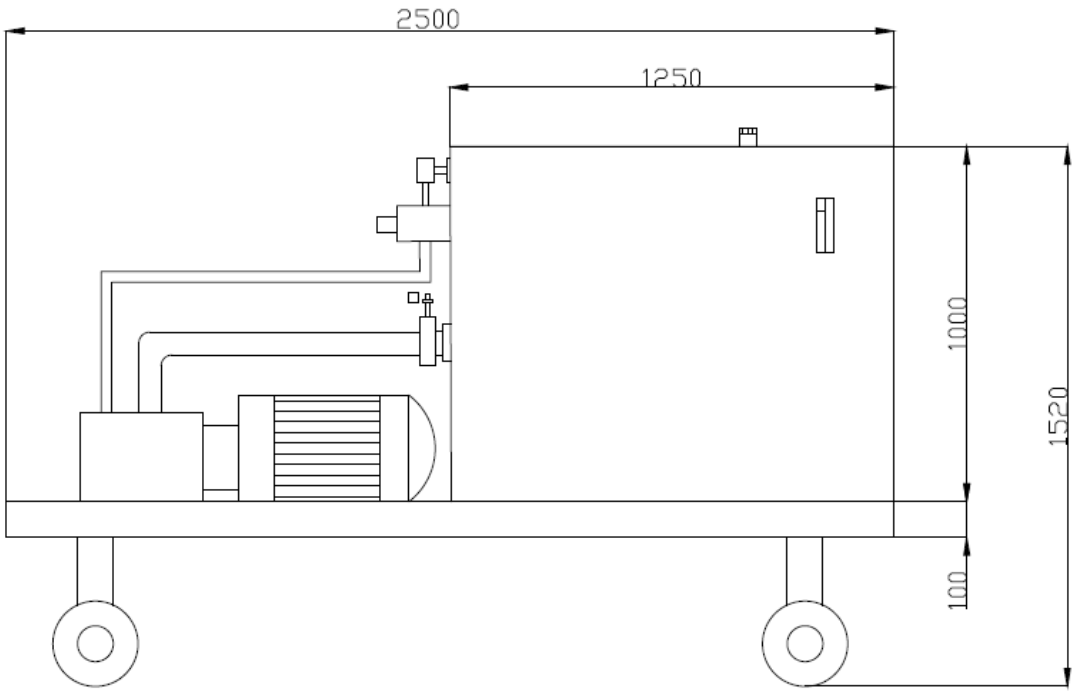

Imagen3.7 Vista lateral Máquina de Flushing.

Fuente: Propia.

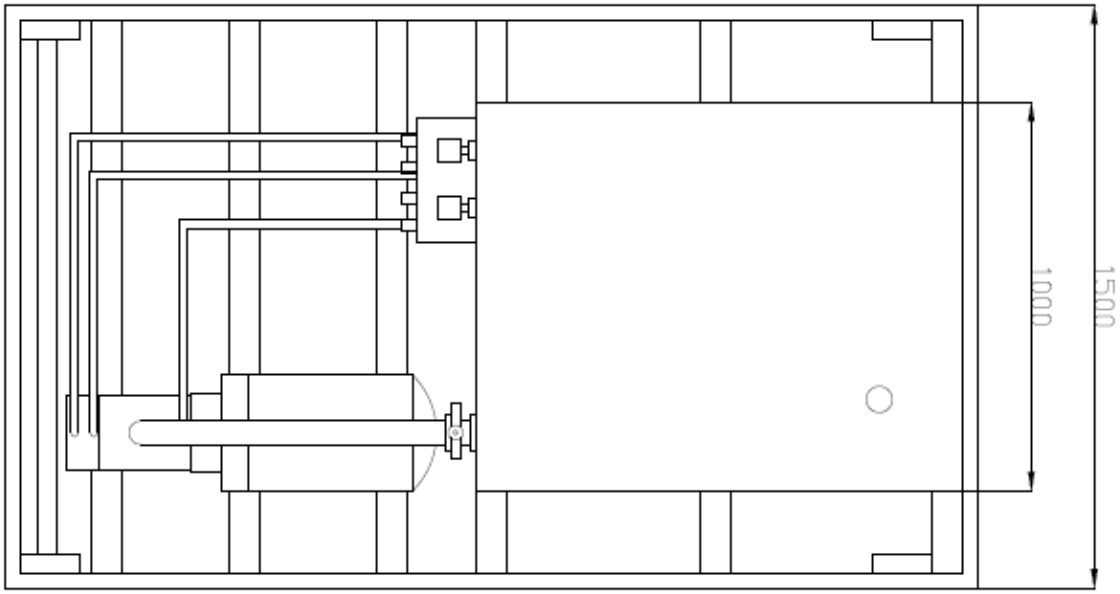

Imagen 3.8 Vista lateral Máquina de Flushing.

Fuente: Propia.

3.5 COMO OPERA LA MÁQUINA.

Lo primero que se debe realizar es la identificación del circuito al que se le realizará la limpieza, identificando así los lugares donde podría ocurrir una fuga, para posteriormente taponarlo y aislarlo. Una vez el circuito de interés esté apto para recibir la limpieza, se procede a la conexión de la máquina de flushing hacia este.

Cuando la maquina se encuentre conectado al circuito, se procede a regular las válvulas que determinaran el caudal del proceso. Luego se conecta el motor eléctrico para que este comience a operar y de este modo la bomba de paleta comience a generar la circulación del fluido. Una vez generado este proceso se debe dejar fluir por aproximadamente una hora, dependiendo de los niveles de contaminación que marque el contador de partículas, o de lo que requiera el cliente. Si bien el contador de partículas mostrará la cantidad de contaminación que hay en el equipo, existe la posibilidad de sacar una cantidad de aceite mediante la válvula instalada luego del banco de filtros, para tomar una medida más exacta de las partículas sólidas que se encuentran en el circuito. Finalmente, cuando se logra el grado de limpieza requerido por el cliente se procede a devolver todo el aceite al estanque de la máquina, y por último se desconecta del circuito al que se anexó.

3.6 PROTOCOLOS DE OPERACIÓN.

- Para operar la máquina de forma correcta y segura de deben seguir algunas acciones importantes.
- Siempre se debe tener en cuenta la seguridad del personal designado al proceso.
- Previo al comienzo del proceso flushing se debe comprobar que el circuito este armado correctamente.
- La presión de trabajo se debe supervisar durante el proceso.

- El circuito debe quedar correctamente sellado para evitar el ingreso de partículas externas.
- Los tapones que se utilizan para sellar el circuito, deben ser de plástico o derivados. Además, se debe ubicar cada uno de estos en un diagrama o plano del sistema, para saber dónde se encuentran y se puedan retirar todos de manera correcta al final del proceso.
- Se deben evitar procesos de trabajo donde existan desprendimientos de partículas contaminantes, cerca del área donde se realizará el proceso de flushing.
- Se debe analizar constantemente el contador de partículas, para así saber cuándo el proceso está llegando a su fin.

CAPÍTULO 4: Estudio económico.

4.1 INTRODUCCIÓN.

Como se pudo apreciar en el capítulo anterior los componentes seleccionados para la máquina de flushing son netamente productos comerciales los cuales pueden ser conseguidos de manera sencilla y con su respectivo catalogo y características. Esto hace que se simplifique el análisis financiero debido a que los precios se encuentran fácilmente en el mercado, e incluso pudiendo comparar entre diferentes productos para abaratar algunos costos.

En este capítulo se recopilará la información necesaria con respecto a los valores requeridos para conformar la máquina de flushing. Analizando así, si es un proyecto viable y si cumple con los precios establecidos en el mercado.

4.2 FINANCIAMIENTO.

El financiamiento de este proyecto sería netamente costeado por la empresa Smartek la cual es una empresa privada, y buscaría la realización de la maquina con fines lucrativos, por lo cual los costos no tendrán un tope definido, no obstante, se buscará una referencia en cuanto a los demás precios existentes en el mercado, para así no generar una máquina de un costo demasiado elevado para los posibles clientes.

4.3 COSTOS DE COMPONENTES.

En la tabla 4.1 se muestran los precios de los diferentes componentes seleccionados con los que se conformará la máquina de flushing.

Todos los precios anexados están valorados en pesos chilenos y fueron sacados de diferentes páginas que se dedican a la venta de producto oleo hidráulicos.

PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Motor eléctrico	1	$ 1.397.312	1.397.312
Bomba hidráulica de paleta	1	$ 1.428.645	$ 1.428.645
Válvula reguladora de caudal	1	$ 192.800	$ 192.800
Válvulas reguladora de presión	1	$ 355.000	$ 355.000
Filtros	2	$ 96.298	$ 192.596
Contador de partículas	1	$ 322.700	$ 322.700
Manómetros	2	$ 56.000	$ 112.000
Acoplamiento rápido	2	$ 18.680	$ 37.360
Válvulas de bola	2	$ 11.800	$ 23.600
Filtro de succión	1	$ 136.800	$ 136.800
Flexible de conexión 2"x50cm	6	$ 20.450	$ 122.700
Rueda para estructura	4	$ 28.250	$ 113.000
Conexión para manómetro	2	$ 12.300	$ 24.600
Variador de frecuencia	1	$ 1.201.030	$ 1.201.030
			$ 5.660.143

Tabla 4.1 Costos componentes

Fuente: Propia.

De los productos que se deben adquirir en el comercio se obtiene un valor de $5.660.143

4.4 COSTOS DE CONFECCIÓN.

Para la realización de la máquina no todos los componentes pueden comprados en el comercio, por lo tanto, en la empresa Smartek se pueden confeccionar diferentes elementos estructurales que serán necesarios para armar el mecanismo.

En este apartado se encuentran dos elementos importantes del mecanismo, los cuales serán confeccionados según requerimientos, uno es el estanque hidráulico con capacidad para 1500 litros, y la estructura de soporte del equipo con la capacidad de transporte del mismo.

Ambos componentes se realizarán con acero y se destinará un presupuesto de $500.000 en materiales para su manufactura.

4.5 ANÁLISIS DE COSTOS.

Con lo analizado anteriormente la máquina tendría un costo de realización aproximado de $6.160.143, por lo cual parece un valor justo comparándolo con los precios establecidos en el mercado, y además entendiendo la finalidad del mecanismo la cual permitirá al cliente asegurar una limpieza precisa a la máquina clasificadora de tablas que realiza la empresa Smartek.

A continuación, en la imagen 4.1 se presenta un análisis Pestel con el análisis de la empresa.

Análisis Pestel

P Político	E Económico	S Social	T Tecnológico	E Ecológico	L Legal
• Inestabilidad política frente a posibles cambios en la constitución política que rige al territorio nacional. • Nuevos tratados comerciales relacionados con el libre comercio.	• El creciente aumento en la tasa de interés. • Aumento de las exportaciones debido a los tratados de libre comercio por Sudamérica. • La devaluación de nuestra moneda frente al dólar ha aumentado el precio de la materia prima para la fabricación de los productos.	Crecimiento de población en sector aledaño a la empresa.	Las nuevas leyes y convenios que permiten la importación de nuevas tecnologías y mejoran los productos.	Mayor conciencia por parte de empresas en la reutilización de las materias primas.	La empresa debe dar cumplimiento a las diferentes normas internacionales establecidas para sus productos.

Imagen 4.1 Análisis Pestel de la empresa.

Fuente: Propia.

Este producto pretende ser vendido a los clientes que realicen la compra del sistema clasificador de tablas, por lo cual este se puede agregar en una posible venta junto con la máquina de sorter.

En la imagen 4.2 se puede analizar una matriz FODA la cual nos permitirá identificar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que pueden afectar a la realización de este proyecto, este análisis nos permitirá apreciar lo viable de la realización de la máquina.

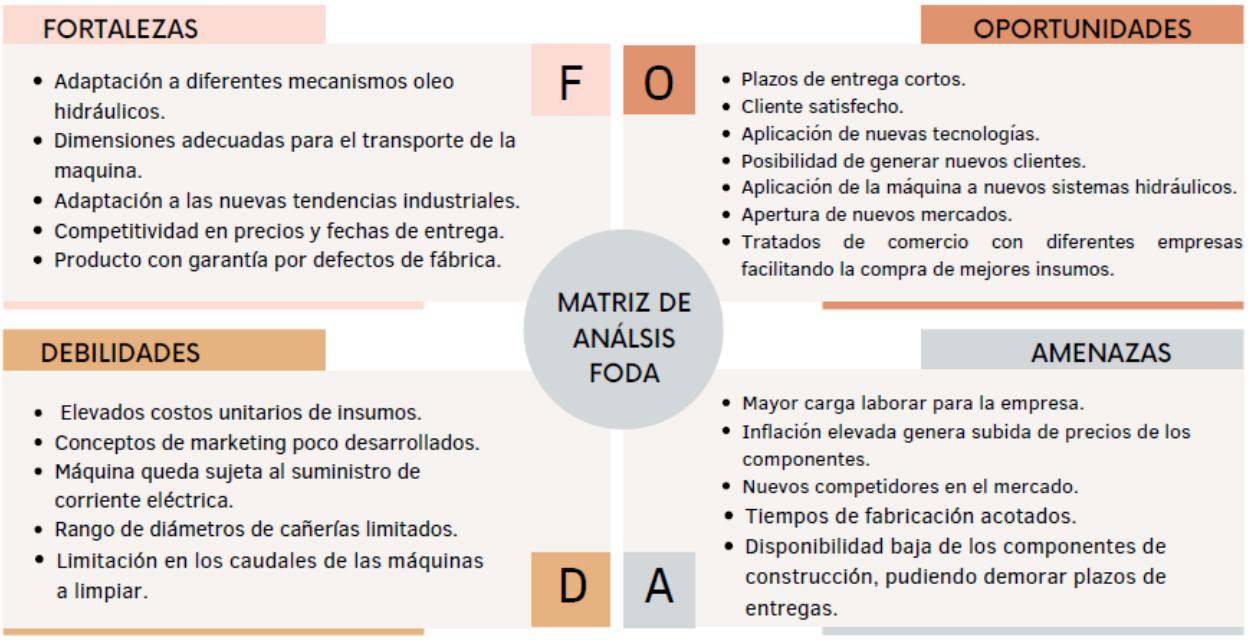

Imagen 4. 2 Análisis FODA del proyecto.

Fuente: Propia.

Conclusión

Lo expuesto a lo largo de este trabajo nos permite llegar a las siguientes conclusiones.

La elaboración de una máquina adicional a las que realiza la empresa Smartek (máquina de flushing) le permitirá mejorar la calidad de los productos que ya son vendidos por la empresa.

La máquina de limpieza flushing para la empresa Smartek puede causar un impacto económico importante, ya que esta puede adaptarse a diferentes tipos de sistemas oleo hidráulicos, pudiendo así ser útil para diversos mecanismos. Esto puede ser aprovechado por la empresa, debido a que un producto con estas características puede generar ventas a nuevos clientes y abrir paso a nuevos mercados, no solo para el rubro de la madera.

Una máquina que cumple una función esencial en algún proceso de la industria, y que consta de un sistema oleo hidráulico, debe especificar el nivel de limpieza que deben tener sus componentes, para así no tener complicaciones a la hora de realizar su función.

El proceso flushing es un proceso de limpieza de circuitos oleo hidráulicos muy útil y puede alcanzar niveles de limpieza altos, no obstante, se debe seguir las indicaciones adecuadas al abordar dicho proceso, para que este se ejecute de manera correcta y no ponga en riesgo los equipos a los que se le realizará la limpieza, ni tampoco a la máquina que la realiza.

Bibliografía/linkografía

- Trabajo de título 2014 Fernando Ariel Ordoñez Echeverría (Universidad Austral de Chile.) DISEÑO DE UNA MAQUINA DE FLUSHING Y MICROFILTRADO DE SISTEMAS HIDRAULICOS.
- Mecánica de Fluidos e Hidráulica.
  SCHAUM McGRAW-HILL.

- https://siplaser.es/wp-content/uploads/MotoresABB.pdf

- https://www.widman.biz/Seleccion/iso_4406.html

- https://puertohidraulico.cl/wp-content/uploads/2020/01/oleohidraulica-1.pdf

- https://www.powermotiontech.com/hp-en-espanol/article/21886638/procedimiento-de-limpieza-o-flushing-de-un-sistema-hidrulico

Anexos.

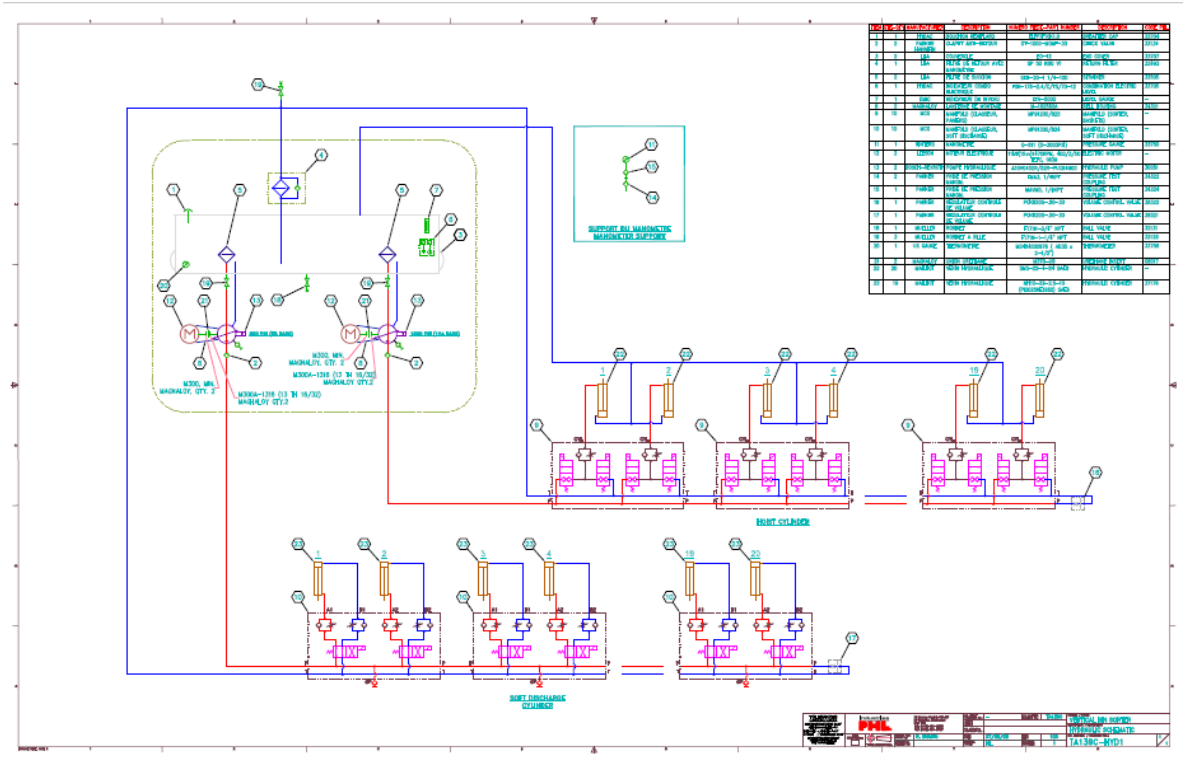

Imagen 4.1 Circuito Hidráulico Sorter

Fuente: Smartek