

# Diseño de una herramienta electrohidráulica para el acoplamiento de cilindros hidráulicos de maquinaria pesada

*Autores: Gustavo de la Hoz, Jairo Pacheco Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica. Tecnología en mantenimiento Electromecánico Industrial Universidad Antonio Nariño Barranquilla, Puerto Colombia*  
[jpacheco56@uan.edu.co](mailto:jpacheco56@uan.edu.co), [gdelahoz84@uan.edu.co](mailto:gdelahoz84@uan.edu.co)  
 Fabio Bermejo [fbermejo@uan.edu.co](mailto:fbermejo@uan.edu.co)

**RESUMEN:** Dentro del sector industrial, las áreas de mantenimiento enfrentan diversos retos al momento de realizar sus actividades de revisión y reparación de maquinaria pesada. Por ello, el objetivo de este anteproyecto es presentar a grosso modo las ideas preliminares para el diseño de una herramienta que facilite el acoplamiento y desacoplamiento de cilindros hidráulicos de distintas longitudes y diámetros. De esta manera, brindar soluciones significativas como la implementación de prácticas más seguras para los trabajadores, optimización del tiempo de reparación y reprocesos en los equipos, mayor eficacia en el acoplamiento y menor daño a componentes. Lo anterior, se logrará primero evaluando la operación actual de acople/desacople en el área de mantenimiento de una empresa objeto de estudio. Posterior, se determinarán el dimensionamiento, diseño y selección de elementos y componentes mecánicos de la herramienta, basados en los conceptos de un circuito hidráulico básico. Finalmente se diagramará un plano estructural de la herramienta para documentar un instructivo sobre el uso técnico de la herramienta.

**PALABRAS CLAVE:** cilindro hidráulico, maquinaria pesada, acoplamiento, vástago.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las industrias a nivel nacional e internacional pierden mucho dinero debido que dentro de su estrategia de mantenimiento incurren en malas prácticas de ejecución, tiempos muertos, averías y accidentes de trabajo. Es por esto que, durante el desarrollo de este anteproyecto, realizó un análisis en el área de mantenimiento de una empresa seleccionando una tarea específica y común. El acoplamiento de cilindros hidráulicos en maquinaria pesada como camiones, motoniveladoras, retroexcavadoras, cargadores, entre otros.

Es común que dentro de las áreas se ofrezcan soluciones como el desarrollo de maquinaria u herramientas que permitan solventar problemas internos en la ejecución de sus actividades. Uno de los mayores problemas al momento

de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de ciertas maquinarias pesadas, es que al carecer de equipos robustos para la ejecución de las revisiones y/o reparaciones los tiempos de trabajo son mayores, incrementa el daño de componentes y elementos, así como también se aumentan los gastos de operabilidad y los accidentes de trabajo con un alto nivel de frecuencia. Considerando este último como el aspecto más importante, en Colombia para el primer trimestre 2020, se registró que 134,929 trabajadores han sufrido accidentes laborales por malas prácticas [1].

De esta forma, en el caso de la empresa objeto de estudio, se detectó que al momento de realizar la reparación de los cilindros eléctricos en cualquier maquinaria pesada, no cuentan con un equipo que les permita realizar el acoplamiento/desacoplamiento del vástago de una manera segura, evitando principalmente los accidentes de trabajo, fractura o daños en el cilindro, daños del sello ó anillo de desgaste y en los empaques. También se pueden generar fugas de aceite caliente, siendo esta fuente de accidentes para los trabajadores. La maquinaria pesada cuenta con una bomba que inyecta aceite al cilindro hidráulico para generar movimientos direccionales; las máquinas no tienen un regulador de la presión, por lo tanto, envía desde 1,000 – 10,000 Psi, cargas que son muy altas para lo realmente requerido para la reparación, donde sólo se necesitan movimientos controlados y de poca fuerza con presiones desde 10 – 60 Psi.

Teniendo en cuenta lo anterior, las investigaciones y modelaciones realizadas con el sistema hidráulico, puede ser considerado como el más se ajusta a las necesidades al momento de diseñar la herramienta electrohidráulica para acoplar los cilindros en las máquinas pesadas, ya que mediante los principios antes mencionados se puede implementar una mejora para regular y/o controlar los niveles de presión, el nivel de fluido, filtros y tuberías, permitiendo trabajar de manera segura y eficiente optimizando los recursos.

## II. DEFINICION DEL PROBLEMA

### A. Antecedentes

Las presiones generadas por las máquinas pesadas hacen que el vástago se desacople del cilindro, provocando accidentes por golpe o fugas en el aceite caliente y daños en los componentes, como se mencionó anteriormente. En la literatura no se encontró que hasta el momento se haya desarrollado una herramienta específicamente para solventar este problema mecánico. Sin embargo, si es posible conocer que, dada las características del funcionamiento de la máquina para generar fuerzas a través de fluidos, teniendo como referencia un sistema hidráulico simple, se tiene como objetivo que la herramienta realice el mismo proceso que las máquinas pesadas, pero en una proporción con velocidad y presión constante controlado de forma manual por el equipo de trabajo. Como se observa en el trabajo de investigación de Cruz et al [2] donde diseñaron un sistema hidráulico de presión constante, se toma como referencia la importancia de que el uso de la fuerza hidráulica permite conseguir beneficios importantes como el nivel de fuerza, donde los sistemas neumáticos operan con  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  HP mientras que los hidráulicos operan en  $1\frac{1}{2}$  HP y el costo de operación en los neumáticos se calientan fácilmente perdiendo energía en el sistema, los sistemas hidráulicos no se calientan tanto, minimizando el costo de operación [3].

De lo anterior, se valida que en este caso es conveniente seleccionar un sistema hidráulico para el diseño de la herramienta.

Por otra parte, en un estudio realizado por Perez, J et al [4] amplía el uso de las herramientas de sistemas hidráulicos por su densidad de potencia, variedad de control, su amplio uso en la industria y también dejan en claro una observación respecto a la simulación, en el caso de sistemas hidráulicos no es posible debido a su complejidad al usar softwares generales para estudiar mecanismos accionados hidráulicamente y validar su funcionamiento. Adicionalmente, tienen en cuenta como factor para el diseño del sistema, velocidades de los órganos de trabajo – Esfuerzo nominal  $F_{nom}$  (Momento torsor nominal  $M_{nom}$ ) y Esfuerzo máximo  $F_{máx}$  (Momento torsor máximo  $M_{máx}$ ), de esta manera, si los factores y características del accionamiento hidráulico obtenidos como resultado del cálculo preliminar no aseguran el cumplimiento de las exigencias de la máquina, se debe ir probando y modificando los valores asumidos como valores iniciales e ir iterando para tener un resultado final óptimo del diseño.

### B. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los problemas de mantenimiento correctivo y preventivo se trabaja con equipos y máquinas pesadas como camiones, motoniveladoras, retroexcavadoras, entre otros. Estas últimas, operan con bombas hidráulicas las cuales ejercen presión sobre sus cilindros hidráulicos generando fuerza

lineal. Dado que sobre los cilindros hidráulicos se ejerce el mayor trabajo de fuerza porque entre sus funciones están las de levante y excavación, esto genera a la larga desgaste y/o fallos entre sus componentes. Al existir estos desgastes es necesario el mantenimiento de los mismos, para ello se requiere del desacople y acople de los cilindros; lo anterior, se debe realizar de forma segura ya que, si no se alinean de manera correcta, se puede generar fricciones en el vástago, en el anillo de sello, por ejemplo, provocando desde desgastes hasta fracturas.

El anillo de sello, es otra de las razones de mantenimiento en los cilindros, ya que se deben cambiar cada 5000 horas de uso aproximadamente, para evitar fugas de aceite dentro del cilindro. Una fuga prolongada de aceite también repercute sobre el cilindro haciendo que este pierda potencial al realizar sus funciones de fuerza. Sin contar, la exposición a accidentes de trabajo por realizar estas tareas de mantenimiento sin un control sobre presión y nivel de aceite.

Estas fugas pueden ocasionar un derrame significativo, contaminación del suelo y un impacto negativo al medio ambiente.

Es por ello que, se hace necesario desarrollar el diseño de una herramienta que permita realizar la maniobra de acople y desacople de cilindros hidráulicos de forma segura. Solucionando, además, el problema de falta de regulación en la presión y mitigando la problemática del deterioro prematuro del componente y futuros derrames de aceites hidráulicos, de manera que se pueda contribuir adicionalmente con un impacto positivo en el medio ambiente. Este sistema, ofrece también ventajas de potencia y costo, por lo que es seleccionado como el modelo para realizar el diseño de la herramienta.

### C. OBJETIVOS

#### 1. Objetivo General

Diseñar una herramienta para el acople y desacople de cilindros hidráulicos.

#### 2. Objetivos Específicos

- Identificar los componentes necesarios para el diseño y correcto uso de la herramienta.
- Definir la capacidad requerida de presión para acoplar / desacoplar los cilindros hidráulicos.
- Establecer la capacidad de aceite requerida para acoplar / desacoplar los cilindros hidráulicos de acuerdo al tamaño.
- Elaborar un plan de manejo o instructivo de uso de la herramienta para el equipo de trabajo.

### D. JUSTIFICACIÓN

El presente anteproyecto tiene como objetivo presentar la idea

preliminar de diseño de una herramienta que no solo permita mejorar los índices de accidentabilidad a la hora de realizar una actividad específica de mantenimiento, sino que también permita establecer una estrategia de optimización del recurso a través de la reducción de la problemática del desgaste en los componentes. En este caso, dicha estrategia estará siendo aplicada en el proceso de desacople y acople de cilindros hidráulicos.

Por lo tanto, para este diseño se toma como referencias los conceptos del sistema hidráulico básico aplicados en la operabilidad de las máquinas pesadas al enviar la orden de maniobrar los cilindros hidráulicos para sus funciones de levante y desplazamiento. Lo anterior, será trazado para que la nueva herramienta realice este proceso, pero en una menor escala, es decir, con un control de mando regulando los niveles de presión para evitar así que el vástago salga disparado fuera del cilindro, manejando presiones desde 10 – 60 Psi.

La elaboración de este diseño que en primera instancia será llevado a cabo de manera simulada, brindará una solución que contribuye directamente sobre las buenas prácticas y seguras, como también entra a formar parte de un plan de optimización de recursos dentro del área de mantenimiento.

## E. METODOLOGIA

Se realiza definición de variables y puntos críticos del proceso basados en una investigación deductiva y experimental. De tal manera que el resultado final concluya con lo planteado en el objetivo general, basado en el principio de la temática central que se basa en una alternativa de solución y/o mejora de cara a un proceso en un sistema hidráulico. Aspectos tales como las características técnicas del sistema y cada uno de los componentes a utilizar, ventajas y desventajas a la hora de la puesta en marcha de manera controlada teniendo en cuenta variables como los valores de presión, velocidad y caudal de los mecanismos del equipo, nivel de aceite requeridos, esfuerzo requerido y potencia, son algunos de los puntos que se estarán analizando a través de una matriz DOFA y que finalmente permitirán determinar un punto de partida para el desarrollo del dicho diseño.

### 1. Tipo De Estudio

Durante la realización de este proyecto se estarán implementando una iniciativa experimental como ya se mencionó anteriormente y exploratoria, ya que inicialmente se realiza la formulación del problema dentro de la industria basado en una necesidad puntual. Así como también, a la hora de la puesta en marcha y/o desarrollo del diseño, se llevan a cabo una serie de ajustes y cálculos de tal manera que se pueda parametrizar y ajustarlo conforme a la necesidad demandada.

Del mismo modo, se estará implementando como apoyo el estudio explicativo, ya que, dentro de las consideraciones y ajustes del diseño, se requieren una serie de cálculos y especificaciones, las cuales permiten argumentar la toma de

decisiones sobre las características del sistema y futuras modificaciones.

## 2. Fuentes Técnicas Para Recolección De La Información

### 2.1. Fuentes Primarias

Las fuentes primarias que se estarán utilizando durante la investigación y el desarrollo del estudio, exploratorio, experimental y explicativo, será a través de estudios de investigación de aplicaciones en sistemas hidráulicos, encuestas no estructuradas a personal operativo y SST, con el fin de establecer actualmente que tan segura se realiza la práctica y encaminar la investigación hacia la eficiencia en la operación sin dejar de lado el ambiente seguro para cada uno de los operadores.

#### a) Técnicas de recolección de información primaria

Conforme a lo expuesto anteriormente en el tipo de estudio y los métodos de acceso a información, las técnicas de recolección primaria llevadas a cabo en este trabajo son:

- **Entrevistas:** Se realizan entrevistas al personal operativo del área de mantenimiento encargado de realizar el proceso de acople y desacople de los cilindros hidráulicos y al personal de SST que hace seguimiento a la condición segura y/o buenas prácticas durante la ejecución de dicha actividad.
- **Trabajos De Investigación:** Para el desarrollo y/o definición del diseño como tal, se tendrán en cuenta estudios realizados anteriormente basados en la teoría fundamental y los principios de la aplicación de sistemas con cilindros hidráulicos, de tal manera que las consideraciones a tener en cuenta estén contextualizadas con la teoría.

### 2.2. Fuentes Secundarias

En el desarrollo de este trabajo se tuvieron en consideración fuentes secundarias tales como artículos científicos, información de sitios web e información de libros e informes científicos.

#### b) Técnicas de recolección de información secundaria

- **Sitios Web:** Selección de sitios web que manejen específicamente información recopilada de artículos científicos, libros y/o revistas que garanticen veracidad en las fuentes.
- **Libros:** Literaturas y contenido correspondiente a la temática central de la investigación.
- **Artículos o Informes Científicos:** Publicaciones tanto de revistas como en portales web con contenido específico sobre la temática específica que se está abordando dentro de la investigación.

### 3. Etapas Metodológicas

- Identificación y análisis del problema
- Fase de establecimiento de plan de acción
- Presentación del plan de acción

[6].

## F. ALCANCE Y LIMITACIONES

El presente proyecto está enfocado en una alternativa de solución en las empresas del sector minero y donde se cuenta con operación de maquinaria pesada, la cual trata o busca realizar el diseño de una herramienta que permita mejorar la seguridad y eficiencia en el acoplamiento de cilindros hidráulicos. Esto con el fin de plantear una solución que de ser implementada conseguiría optimizar la estrategia de mantenimiento correctivo en los cilindros hidráulicos en dichos equipos. Además, la idea de que el sistema sea controlado y/o automatizado consiste en garantizar y/o brindarle al usuario mayor seguridad a la hora de llevar a cabo la ejecución de dicha tarea, además de brindarle una alternativa de operación un poco más amigable de cara a la operación y/o ejecución de una rutina. Sin embargo, este proyecto tiene la limitante de que sólo podrá llegar hasta la etapa de diseño debido que no se cuenta con todos los recursos de tiempo y elementos disponibles para realizar la construcción del mismo.

## III. MARCO DE REFERENCIA

### A. Marco Conceptual

A continuación, se hará la presentación y descripción de la terminología empleada a lo largo del desarrollo de la investigación. Cabe resaltar que no solo serán tenidos en cuenta los conceptos principales, sino también cada uno de los componentes y/o ramificaciones que derivan en la generalidad del sistema:

- ✓ **Sistema:** Se define como aquel grupo de elementos que unidos tienden a operar como un todo. Cabe destacar que, aunque cada uno de ellos, puede trabajar de manera independiente, siempre serán parte de una estructura mayor. Así mismo, un sistema puede ser, a su vez, un componente de otro sistema [5].
- ✓ **Sistema Hidráulico:** es aquel sistema que su principio de operación se basa en la utilización de un fluido bajo presión para conseguir el accionar de una maquinaria en específico o ejecutar el movimiento de algún componente mecánico. Los sistemas hidráulicos se utilizan en todo tipo de entornos industriales grandes y pequeños, así como en edificios, equipos de construcción y vehículos

- ✓ **Depósito de aceite:** Almacenamiento de aceite. Adicionalmente, también es el responsable de la eliminación de calor y la separación del aire con el aceite. Estos tanques deben tener una resistencia y capacidad adecuadas, así como tampoco deben dejar entrar la suciedad proveniente de agentes externos [7].
- ✓ **Batería:** Dispositivo con dos o más celdas electroquímicas las cuales tienen la capacidad de convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica.
- ✓ **Bomba Hidráulica:** Encargada de la transformación de energía mecánica (torque y arranque del motor) en energía hidráulica (caudal). Adicional a esto, cabe destacar que estas bombas se limitan netamente al movimiento de líquido y que no generan presión alguna [8].
- ✓ **Filtro de aceite:** Encargado de la protección del lubricante ante las impurezas que pueda se puedan presentar antes del inicio del recorrido por el sistema de engrase del motor. Es decir, es el responsable de garantizar el correcto proceso de lubricación [9].
- ✓ **Válvula Limitadora De Presión:** Válvula de pistón con muelle de carga. La cual, en condiciones normales mantiene abierto el paso de presión. Cabe resaltar que una vez la presión del sistema logra exceder el umbral de presión de trabajo establecido, tiende a realizar el cierre de la válvula [10].
- ✓ **Control De Mano:** Es el encargado de poner en marcha el sistema. Este normalmente es accionado por medio de un operador.
- ✓ **Filtro De Aspiración:** Arreglo de diferentes filtros de tamaño pequeño en línea, los cuales son los encargados de la retención de cualquier impureza y/o polvo muy fino, los cuales usualmente son inapreciables ante el flujo del caudal [11].
- ✓ **Interruptor De Presión:** Dispositivo encargado de controlar la presión. Estos interruptores abren o cierran un contacto eléctrico cuando se alcanza un cierto nivel de presión [12].
- ✓ **Piloto Indicador De Presión:** Evidencia que la presión del sistema es la adecuada para la puesta en marcha del mismo.

### B. Marco Teórico

En este punto, se hace referencia a todos y cada uno de los aspectos teóricos en los que se basa la investigación, desde lo más general hasta lo más específico. Todo enfocado en la solución y construcción de un planteamiento el cual permita resolver el problema planteado y el cumplimiento de los objetivos.

#### 1. Generalidades De Un Sistema Hidráulico

El movimiento controlado de piezas o la aplicación controlada de fuerza es un requisito común en las industrias. Estas operaciones se realizan principalmente utilizando máquinas eléctricas o motores diesel, gasolina y vapor. Este tipo de motores pueden proporcionar varios movimientos a los objetos mediante el uso de algunos

accesorios mecánicos como martinets, palancas, cremalleras, piñones, etc [6].

Este tipo de sistemas cerrados basados en fluidos que utilizan líquidos incompresibles presurizados como medios de transmisión se denominan sistemas hidráulicos. El sistema hidráulico funciona según el principio de la ley de Pascal que dice que la presión en un fluido encerrado es uniforme en todas las direcciones [6].

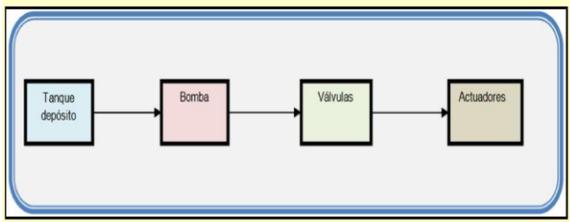


Fig 1. Diagrama Funcional Sistema Hidráulico

Los circuitos hidráulicos básicos están formados por cuatro componentes: Un depósito para guardar el fluido hidráulico, una bomba para forzar el fluido a través del circuito, válvulas para controlar la presión del fluido y su flujo, uno o más actuadores que convierten energía hidráulica en mecánica. Los actuadores realizan la función opuesta a la de las bombas. El depósito, la bomba, las válvulas de control y los actuadores son dispositivos mecánicos [13].

En los circuitos hidráulicos el fluido es un líquido, que es capaz de transmitir presión a lo largo del circuito cerrado (En los circuitos hidráulicos el líquido se retorna al depósito después de haber realizado un trabajo) [13].

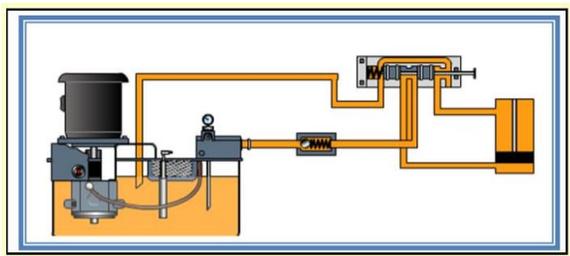


Fig 2. Sistema Hidráulico

#### ✓ **Funcionalidad Generalidades Del Sistema**

- ❖ **Unidad De Almacenamiento:** incluye un depósito que almacena el fluido y que lo envía hasta una bomba hidráulica. Esta bomba pone en movimiento el fluido y lo inyecta a presión al resto del circuito [13]. Fig 3

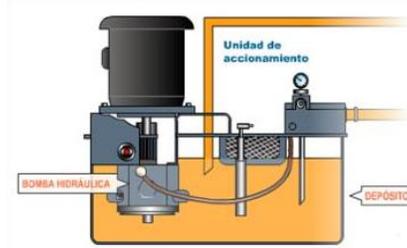


Fig 3. Unidad De Accionamiento

- ❖ **Válvula Antirretorno:** esta válvula permite el paso del fluido en un sentido, pero lo impide en el contrario. Fig 4



Fig 4. Válvula Antirretorno

- ❖ **Valvula 4/2:** Controla el paso del fluido al cilindro y retorno del propio. Fig 5

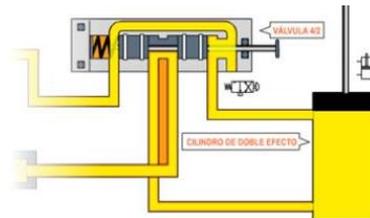


Fig 5. Válvula 4/2

#### ✓ **Ventajas e Inconvenientes**

##### ❖ **Ventajas:**

- Este tipo de sistemas (Hidráulicos), permiten el desarrollo de fuerza en grandes magnitudes a través de sistemas bastante compactos.
- Regulan constantemente la fuerza transmitida, de manera que no exista riesgo alguno de calentamiento por sobrecargas.
- Consta de elementos bastante flexibles y que pueden ser adaptados a cualquier circunstancia según las necesidades. Todo esto gracias a la flexibilidad de los conductos a través de los cuales fluye el aceite hidráulico hasta los actuadores.
- Los actuadores o cilindros hidráulicos son elementos reversibles, es decir que pueden operar en diferentes sentidos. Adicionalmente, tienen la capacidad de

realizar un frenado sobre la marcha. Además, son por lo general, elementos seguros, los cuales hacen posible su enclavamiento a manera de protección en caso de producirse algún tipo de avería y/o fuga del fluido hidráulico.

#### ❖ Inconvenientes

- Presentan bajas tasas de velocidad de accionamiento en los actuadores o pistones hidráulicos.
- Minuciosidad en la ejecución de los diferentes procesos que constan de este tipo de sistema, ya que exigen constantes labores de mantenimiento debido a la alta presión de trabajo demandada.
- Constante exposición a suciedad en el sistema, debido a la presencia de aceites o fluidos hidráulicos.
- Solución costosa en comparación con algunas también muy comunes en el mercado como las neumáticas.

#### ✓ Componentes Del Sistema

##### • Fluido Hidráulico

Para emplear un fluido a través de un sistema hidráulico, es necesario que cumpla con algunas propiedades, tales como: [14]:

- Amplio rango de presión de operación, por lo que se requiere que el fluido sea incompresible.
- Capacidad optima de lubricación en materiales tales como los metales y/o las gomas.
- Buena viscosidad con un alto punto de ebullición y bajo punto de congelación (el rango de trabajo debe oscilar entre -70°C hasta +80°C).
- Presentar un punto de autoignición superior, al menos a los 100°C.
- Que no sea inflamable.
- Inerte y no corrosivo.
- Contar con optimas condiciones a la hora de realizar la disipación del calor, ya que tienen la capacidad también de funcionar como refrigerante del sistema.

- Buena condición de almacenamiento y fácil manipulación por el usuario.



Fig 6. Fluido Hidráulico

##### • Depósito Hidráulico

Así como con el líquido hidráulico, para la selección de un depósito hidráulico, se deben tener en cuenta una serie de consideraciones:

- No solo funciona como dispositivo de llenado y/o almacenamiento de un fluido hidráulico, sino también hace las veces de depósito pulmón desde donde se realiza la aspiración por parte de la bomba.
- Funciona también como elemento disipador de calor a través de las paredes del tanque, de manera que consigue refrigerar el aceite contenido en su interior. Sin embargo, es necesario que el aceite tenga un tiempo de residencia mínimo en el interior del tanque de al menos 1 ó 2 minutos. Así en función del caudal de la bomba, se podría diseñar el volumen del tanque. En efecto, para una bomba con un caudal de diseño, por ejemplo, de 10 l/min, haría falta un tanque con capacidad de al menos 20 litros.
- Tiene como función adicional el uso en la deposición de partículas que puedan afectar el fluido que recorre al interior del sistema durante la operación.
- Para conseguir el aumento en el tiempo de permanencia del aceite al interior del sistema, se colocan una serie de deflectores, los cuales permiten dirigir la circulación del fluido por el interior del tanque. Adicionalmente, da lugar para que los contaminantes se depositen en el fondo del tanque. Finalmente, cabe resaltar que contribuyen favorablemente en la evaporación del agua que pueda contener el aceite disuelto y la separación del aire.

Existen dos tipos de tanques para uso en sistemas hidráulicos: presurizados y ventilados.

Los presurizados, los cuales se encuentran sellados, de manera que se pueda garantizar la no penetración de

suciedad y la humedad al interior. La presión interna que se genera a medida que se calienta el fluido hidráulico también sirve como empuje a la hora del fluido del aceite hacia la bomba, de tal manera que se logre evitar la producción y/o cavitación de la misma. Sin embargo, como medida de seguridad es necesaria la instalación de una válvula hidráulica de alivio, la cual permita regular el paso de la presión, evitando de esta manera cualquier tipo de exceso que se pueda alcanzar a medida que el aceite se calienta

Por otro lado, los tanques ventilados, al encontrarse expuestos a la atmósfera, permiten que haya compensación de presión cuando se producen cambios en los niveles o en la temperatura del aceite, razón por la cual no requieren de válvula de alivio. Se adjunta la simbología ISO de los tanques hidráulicos, según el tipo:

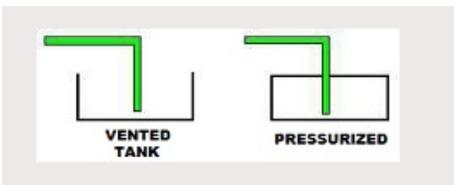


Fig 7. Esquema De Representación De Un Tanque Hidráulico

- **Filtros**

Este componente es clave dentro del sistema, ya que se hace necesaria la ejecución del filtrado con miras a evitar que la suciedad producida por el funcionamiento normal del sistema consiga afectar de alguna manera algún elemento de la instalación, sobretodo si se trata de los más sensibles de la instalación, como puedan ser, válvulas o la propia bomba hidráulica.

En la siguiente tabla se recogen los distintos grados de filtración exigidos, según la aplicación del sistema hidráulico [14].

Grados de Filtración, en $\mu\text{m}$	Tipo de Sistema Hidráulico
1-2	Para impurezas finas en sistemas altamente sensibles con gran fiabilidad, preferentemente en aviación y laboratorios.
2-5	Para sistemas de mando y control sensibles y de alta presión, con aplicaciones frecuentes en la aviación, robots industriales y máquinas herramientas.
5-10	Para sistemas hidráulicos de alta calidad y fiabilidad, con previsible larga vida útil de sus componentes.
10-20	Para hidráulica general y sistemas hidráulicos móviles, que manejen presiones medianas y tamaños intermedios.
15-25	Para sistemas de baja presión en la industria pesada o para sistemas de vida útil ilimitada.
20-40	Para sistemas de baja presión con holguras grandes.

Fig 8. Grados De Filtración y Aplicaciones

Cualquier filtro estará compuesto de una carcasa exterior o envolvente, que contendrá en su interior material filtrante. Adicionalmente, dispondrá de una válvula bypass tipo antirretorno que se abrirá cuando el material filtrante este colmado, de manera que permita un bypass paso del fluido hidráulico evitando así que el circuito colapse por culpa del atasco del filtro

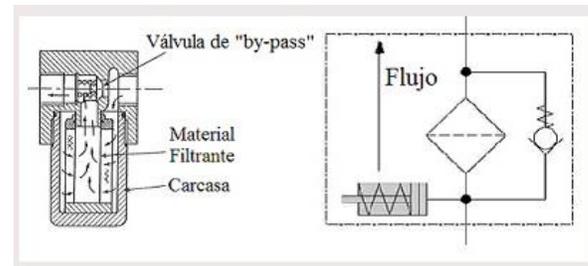


Fig 9. Esquema y Símbolo Del Filtro Hidráulico

Un filtro puede ocupar diversas posiciones dentro del circuito hidráulico, ofreciendo prestaciones muy diversas según se explica a continuación:

- **Filtro situado en la aspiración de la bomba:** es la mejor posición si lo que se pretende es proteger a la bomba. No obstante, aumenta el riesgo que se produzca cavitación en su aspiración debido a la pérdida de carga que se origina en el fluido por su paso por el filtro. Por ello, si se coloca el filtro en esta posición, éste debe ser de un tipo que ofrezca poca pérdida de carga localizada, como puedan ser los de tipo de mallas metálicas y los filtros de superficie con huecos de tamaño grande. Evidentemente, esto se traduce que el grado de filtración conseguida no sea muy buena. El tamaño de las partículas filtradas colocando el filtro en esta posición son relativamente grandes, encontrándose en el rango de los 50 a 100  $\mu\text{m}$  [14].

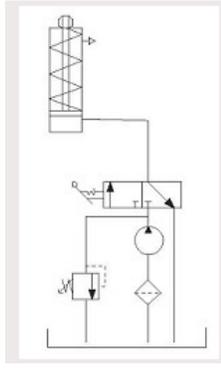


Fig 10. Filtrado En La Aspiración

- **Filtro Situado En Conducto De Impulsión:** Dada su situación, en la salida de la bomba, se sitúa en la línea de alta presión. Esto condiciona que los filtros así situados requieran de una mayor robustez. No obstante, en esta posición se consiguen filtrados más exigentes, estando el tamaño de las partículas retenidas en el rango de los 20 a 25  $\mu\text{m}$  [14]

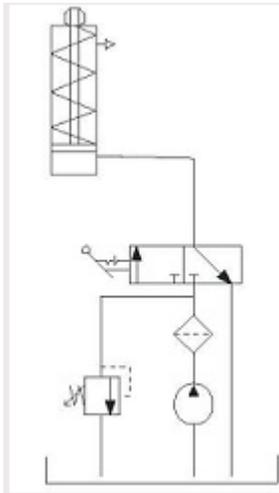


Fig 11. Esquema De Filtrado En Impulsión

- **Bomba Hidráulica**

La bomba hidráulica es el componente que genera el flujo dentro del circuito hidráulico y está definida por la capacidad de caudal que es capaz de generar. Existen dos grandes tipos de bombas hidráulicas; las rotativas y las alternativas [14].

- **Bomba De Engranajes:** Las bombas de engranajes son compactas,

relativamente económicas y tienen pocas piezas móviles, lo que les confiere tener buen rendimiento [14].

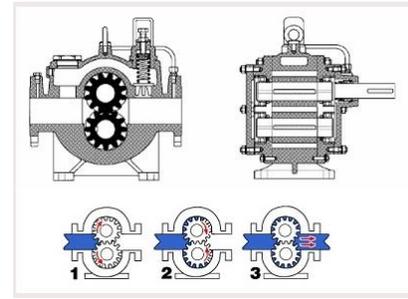


Fig 12. Bomba de Engranajes

- **Bombas Lobulares:** Son bastante semejantes a las de engranajes, pero con un número de dientes menor y con rangos de funcionamiento menores. Normalmente se utilizan para incrementos de presiones bajas donde puede haber problemas de erosión en los dientes si se empleara una bomba de engranajes [14]



Fig 13. Bomba Lobular

- **Bomba De Émbolos o Pistones:** En este tipo de bombas se convierte el movimiento giratorio de entrada de un eje en un movimiento axial de salida del pistón. Son un tipo de bombas por lo general, de construcción muy robustas y adecuadas para presiones de caudales altos [14].



Fig 14. Bomba de Pistones Radiales

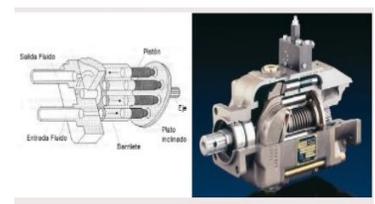


Fig 15. Bomba de Pistones Axiales

- **Cilindro Actuator**

El cilindro actuator es el elemento final que transmite la energía mecánica o empuje a la carga que se desee mover o desplazar. Estos pueden ser de simple o de doble efecto. Cabe resaltar que, en los cilindros de simple efecto, el aceite ingresa por un solo lado del embolo, por lo que solo puede transmitir esfuerzo en un solo sentido. Mientras que, al cilindro de doble efecto, le ingresa aceite por dos lados del embolo, por lo que puede transmitir esfuerzo en dos sentidos [14].

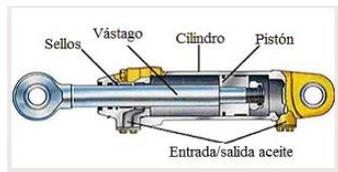


Fig 16. Cilindro Actuator

- **Válvulas**

Como elementos de regulación, control y mando de la circulación del fluido hidráulico por el interior del circuito, pueden ser de diversos tipos: Válvulas controladoras de presión, de caudal, válvulas direccionales o distribuidoras, válvulas de bloqueo o válvulas de cierre [14].

- **Válvulas de Seguridad:** Son las encargadas de proteger el sistema ante el aumento de la presión excesivo y fuera de rango de operación [14].

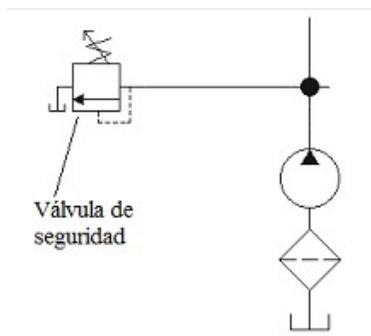


Fig 17. Esquema Válvula De Seguridad

- **Válvulas De Compensación De Carga:** Se utilizan para mantener una presión mínima aguas arriba, evitándose así que se pueda producir un fenómeno de embalamiento por ausencia de una resistencia en el circuito [14].

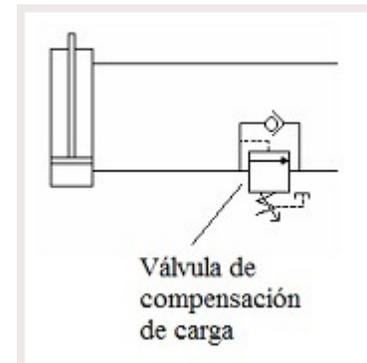


Fig 18. Esquema Válvula de Compensación De Carga

#### IV. ETAPA DE ANALISIS

El punto de partida de la etapa de análisis dentro del desarrollo del proyecto, se basa en la correcta selección de cada uno de los componentes de diseño para el desarrollo de la herramienta. Así mismo, algunos aspectos que caracterizan el funcionamiento en general como la presión de operación, sistema de almacenamiento requerido e instructivo para la operación del sistema en general. A continuación, se hace referencia a cada uno de los puntos mencionados anteriormente, los cuales fueron seleccionados teniendo en cuenta las generalidades de los sistemas hidráulicos y las condiciones de operación en campo:

- **COMPONENTES DEL SISTEMA**

- ✓ **Depósito de aceite:** Almacenamiento de líquido hidráulico.



Fig 19. Depósito De Aceite

- ✓ **Batería:** Alimentación Del Sistema



Fig 20. Batería

- ✓ **Bomba hidráulica de bajo caudal:** Transporte del líquido hidráulico a través del sistema.



Fig 21. Bomba De Bajo Caudal

- ✓ **Filtro de aceite:** Apoyar el proceso de lubricación. No permitir que ingrese suciedad durante dicho proceso.



Fig 22. Filtro de Aceite

- ✓ **Válvula de seguridad y/o limitadora de presión:** Regula el paso del fluido a la presión que se determine según el requerimiento del sistema



Fig 23. Válvula De Seguridad

- ✓ **Control de mando:** Almacenamiento del programa de control que gobierna el funcionamiento del sistema en general.



Fig 24. Controlador Lógico Programable (PLC)

- ✓ **Filtro de aspiración**



Fig 25. Filtro de aspiración

- ✓ **Interruptor de presión:** Indicador de nivel de presión, acciona la válvula de seguridad según configuración de set point del sistema de 2000 psi



Fig 26. Interruptor De presión

- ✓ **Piloto indicador de presión:** Piloto para verificación de la operación de forma correcta del sistema según los parámetros seleccionados de presión



Fig 27. Piloto Indicador De presión

• **PRESIÓN DEL SISTEMA**

Este sistema maneja un rango de presión de operación entre 750 a 5000 Psi para desacople y acople de cilindros hidráulicos, los cuales son monitoreados a través del interruptor de presión. Sin embargo, para esta aplicación, se trabaja por defecto a 2000 Psi

Cálculos según especificaciones:

Inch	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)	Presión De Trabajo (Bar)	Presión De Trabajo (Psi)	Presión De Rotura (Bar)	Presión De Rotura (Psi)
1/2	12.7	20.6	160	2320	640	9280

Fig 28. Tabla De presión Según Maguera Seleccionada

- ✓ **Factor de seguridad sistema**

$$Fs = \frac{\text{Presión de rotura}}{\text{Presión de trabajo}} [14]$$

$$Fs = \frac{640 \text{ bar}}{160 \text{ bar}}$$

$$Fs = 4$$

Factor de Seguridad en mangueras flexibles, Fs	
Presión de servicio, en bares	Fs
De 0-70	8
De 70-175	6
> 175	4

Fig 29. Tabla De Factor De Seguridad En Mangueras Flexibles

De esta forma se puede decir que el sistema puede operar en un rango mayor a los 175 bar. Sin embargo, en este caso se estará trabajando con la mínima presión tolerada, es decir, 160 bar o 2320 psi.

- ✓ **Fuerza desarrollada por el cilindro o fuerza de empuje**

$$F_e = \frac{0,785 \cdot d_e^2 \cdot p}{10^4}$$

Fig 30. Formula Para Determinar Fuerza De Empuje [14]

para este caso, el  $d_e = 250 \text{ mm}$ :

$$F_e = \frac{(0.785)(250mm)^2(160 bar)}{10^4}$$

$$F_e = \frac{(0.785)(62500mm^2)(160 bar)}{10000}$$

$$F_e = 785 KN$$

✓ **Fuerza de retroceso**

$$F_r = \frac{0,785 \cdot (d_e^2 - d_v^2) \cdot p}{10^4}$$

Fig 31. Formula para Determinar Fuerza De Retroceso [14]

$$F_r = \frac{(0.785)((250mm)^2 - (100 mm)^2)(160 bar)}{10^4}$$

$$F_r = \frac{(0.785)((62500mm^2 - 10000 mm^2)(160 bar)}{10^4}$$

$$F_r = \frac{(0.785)((52500mm^2)(160 bar)}{10000}$$

$$F_r = 659.4 KN$$

✓ **Velocidad del sistema**

La velocidad de operación del sistema según tabla de rango de presión es de hasta máximo 6 m/s. Sin embargo, según la presión estándar que estará manejando el sistema se mantendrá en una constante de 3.2 m/s.

• **CAPACIDAD DE ACEITE**

Este sistema maneja una capacidad máxima de almacenamiento de aceite de 80 in<sup>3</sup>

• **PLAN DE MANEJO INSTRUCTIVO**

La operación del sistema es bastante sencilla y segura. A continuación, se presentan los pasos para la puesta en marcha de la misma:

- Encendido de bomba de aceite en el tablero de mando

- Verificación del piloto indicador de presión, ya que es este quien valida de la presión del sistema sea apta para la operación. Es decir, 2000 Psi en este caso.
- Activación del mando para desacople del cilindro.
- Acople manual del cilindro una vez realizada la labor de mantenimiento.
- Apagado del sistema en el tablero de mando de control.

Finalmente, con el estudio realizado, variables analizadas y plan de acción definido, se procederá con el diseño del programa de control y la simulación del mismo, de tal manera que se pueda evidenciar no solo el funcionamiento de manera correcta, sino el cumplimiento de la expectativa planteada de cara a esta investigación. Para lo cual, se implementó el uso de las herramientas Microwin Step 7 y PC Simu

➤ **Matriz DOFA**

MATRIZ DOFA		
<b>Factores Internos</b>	<b>DEBILIDADES</b>	Averías en el sistema hidráulico   Fugas en el sistema de arranque  Rompimiento de las mangueras y/o tuberías del sistema por falla en el interruptor de presión o la válvula de seguridad  Fallas de operación en el control de mando por daños en algún componente eléctrico
	<b>FORTALEZA</b>	Estrategia de optimización del recurso en mantenimiento  Seguridad para la persona encargada de realizar la actividad de mantenimiento  Sistema de uso practico y amigable con el usuario a la hora de la puesta en marcha
<b>Factores Externos</b>	<b>AMENAZAS</b>	Perdida de dinero por malas practicas durante el proceso de mantenimiento de los equipos y por tiempos muertos debido al paro de las maquinas durante periodos largos de intervención
	<b>OPORTUNIDADES</b>	Integración de un sistema adicional que permita llevar una base de datos con el conteo de forma automatizada de la vida útil de los componentes que normalmente se intervienen a la hora de realizar los mantenimientos. De Tal manera que se pueda optimizar el tiempo y se pueda realizar una programación en pro de reducir el impacto en la producción

➤ **Diseño Del Programa De Control**

Como se menciona anteriormente, el diseño de la herramienta se realizó a través de los programas Microwin Step 7, donde se realizó un esquema KOP el cual maneja controla la operación tanto de la bomba hidráulica como el sistema en el cilindro, el cual envía una señal una vez logra desacoplar el embolo para la realización de la actividad de mantenimiento como tal. Adicionalmente, se realizó la simulación con el programa PC Simu de tal manera que se pudiera comprobar el optimo funcionamiento del programa de control.

- ✓ **Puesta En Marcha Del Sistema:** A continuación, se evidencia el arranque general del sistema con la activación

del sistema de bombeo y el inicio del desacople del embolo.

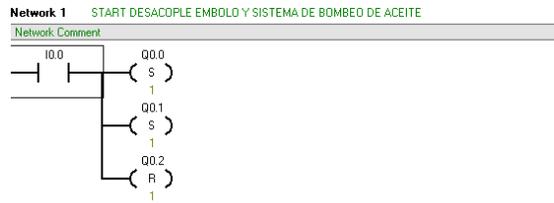


Fig 32. Start Desacople de Embolo y Sistema De Bombero De Aceite

- ✓ **Stop Por Desacople De Cilindro:** En este punto, el sistema ordena detenerse a las señales de inicio de desacople y el sistema de bombeo debido que el embolo ya ha llegado al tope final deseado y el cilindro se encuentra completamente desacoplado.

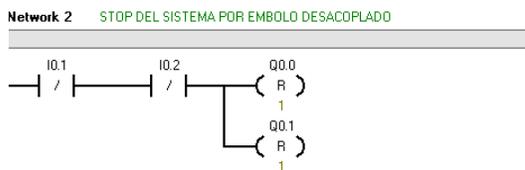


Fig 33. Stop Del Sistema Por Embolo Desacoplado

- ✓ **Inicio Desacople Cilindro:** Esta instrucción se creó con el fin de poder verificar que el proceso del desacople del embolo está en marcha o ha iniciado. De tal manera que se eviten fallos en el proceso.



Fig 34. Inicio Desacople Embolo

- ✓ **Stop General Del Sistema:** Detiene completamente la operación del sistema.

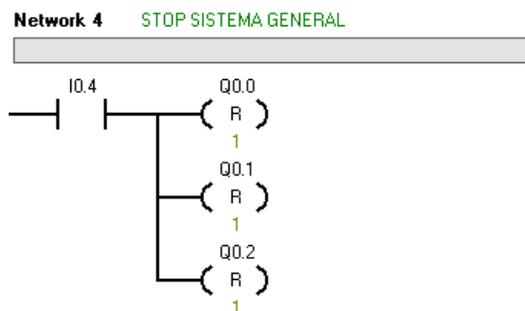


Fig 35. Stop General Del Sistema

- ✓ **Embolo Desacoplado:** La activación de estos dos sensores me enviará la señal de que el embolo esta completamente desacoplado del cilindro y que

se pueden iniciar las actividades de mantenimiento programadas para el mismo.

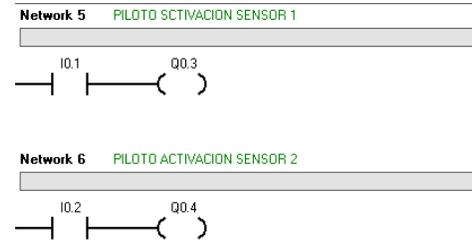


Fig 36. Embolo Desacoplado

- ✓ **Vista Del Proyecto En PC Simu**



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de culminado el proceso de estudio e investigación, se logra realizar el diseño de un sistema simulado a través de las herramientas Microwin Step 7 y PC Simu, que permite el desacople del embolo en los cilindros a través de un control de mando. De manera que se pueda garantizar una practica mas segura a la hora de realizar actividades de mantenimiento a los cilindros hidráulicos, así como también se busca la optimización de los recursos en el área de mantenimiento.

## VI. REFERENCIAS

- [1] C. C. D. Seguridad, «Consejo Colombiano De Seguridad,» 24 06 2020. [En línea]. Available: [ccs.org.co/le-interesa-la-siniestralidad-laboral-decolombia/?doing\\_wp\\_cron=1612761240.8226559162139892578125#:~:text=Espec%C3%ADficamente%2C%20se%20](https://ccs.org.co/le-interesa-la-siniestralidad-laboral-decolombia/?doing_wp_cron=1612761240.8226559162139892578125#:~:text=Espec%C3%ADficamente%2C%20se%20)
- [2] J. C. y. A. Rodriguez, «DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA HIDRAULICO DE PRESION,» Bogota, 2017.
- [3] K. Ogata, Ingeniería De Control Moderna, Madrid: Pearson, Education, 2003.
- [4] J. P. y. Y. Parra, «Methodology of desing of hydraulic systems,» *Ciencias Tecnicas Agropecuarias*, vol. 14, n° 2, pp. 18-22, 2005.
- [5] Significados.com, «Significados.com,» 16 03 2020. [En línea]. Available: <https://www.significados.com/sistema/>. [Último acceso: 18 05 2021].

[6] C. D. F. T. P. L. Industria, «Cursoaula21.com,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>. [Último acceso: 18 05 2021].

[7] A. Industrial, «Automatización Industrial,» 15 06 2011. [En línea]. Available: <http://industrial-automatizada.blogspot.com/2011/06/deposito-hidraulicos.html>. [Último acceso: 18 05 2021].

[8] R. Solorzano, «hydraulycpneumatics.com,» 05 06 2016. [En línea]. Available: <https://www.hydraulicspneumatics.com/hp-en-espanol/article/21886594/principios-ingenieriles-bsicos-bombas-hidraulicas>. [Último acceso: 18 05 2021].

[9] motor.es, «motor.es,» [En línea]. Available: <https://www.motor.es/que-es/filtro-aceite#:~:text=El%20filtro%20de%20aceite%2C%20una,que%20cumple%20una%20funci%C3%B3n%20determinante.&text=Como%20ya%20hemos%20avanzado%2C%20el,circuito%20de%20engrase%20del%20motor..> [Último acceso: 18 05 2021].

[10] home.kpn.nl, «home.kpn.nl,» [En línea]. Available: [http://home.kpn.nl/RBrink1955/drkdb\\_esp.htm](http://home.kpn.nl/RBrink1955/drkdb_esp.htm). [Último acceso: 18 05 2021].

[11] BIBUS, «bibus.es,» [En línea]. Available: <https://www.bibus.es/productos-y-soluciones/neumatica/tecnologia-de-vacio/filtros-de-aspiracion/>. [Último acceso: 18 05 2021].

[12] EuroTaller, «Por que es importante el interruptor de presion en tu coche,» 08 09 2014. [En línea]. Available: <https://www.eurotaller.com/noticia/por-que-es-importante-el-interruptor-de-presion-del-aceite-de-tu-coche-nos-lo-cuenta-delphi>. [Último acceso: 18 05 2021].

[13] [En línea]. Available: [https://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index\\_archivos/Page4697.htm](https://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4697.htm). [Último acceso: 18 05 2021].

[14] ingemecanica.com, «ingemecanica.com,» [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>. [Último acceso: 18 05 2021].