



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR**

**VIDA NUEVA**



**CARRERA:**

**TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA DEL PROYECTO DE APLICACIÓN PRÁCTICA**

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE UN  
COMPRESOR INGERSOLL RAND DE 650 CFM**

**AUTOR:**

**TIGLLA GUALOTUÑA DARLIN STEEVEN**

**TUTOR:**

**ING. RUIZ GUANGAJE CARLOS RODRIGO**

**FECHA:**

**ENERO 2019**

**QUITO – ECUADOR**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo, **TIGLLA GUALOTUÑA DARLIN STEEVEN** portador/a de la cedula de ciudadanía 172398338-1, facultado/a de la carrera **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**, autor/a de esta obra certifico y proveo al Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, usar plenamente el contenido plasmado en este escrito con el tema **“MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE UN COMPRESOR INGERSOLL RAND DE 650 CFM”**, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi trabajo de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, al mes de Enero de 2019.

---

**TIGLLA GUALOTUÑA DARLIN STEEVEN**

C.I.: 172398338-1

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto: Mantenimiento correctivo del sistema hidráulico de un compresor Ingersoll Rand de 650 CFM, presentado por el estudiante Tiglla Gualotuña Darlin Steeven, para optar por el título de Tecnólogo en Electromecánica, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal que se designe.

-----  
Tutor: Ing. Ruiz Guangaje Carlos Rodrigo

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR**

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe del Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: Mantenimiento correctivo del sistema hidráulico de un compresor Ingersoll Rand de 650 CFM.

Del Sr. estudiante: Tiglla Gualotuña Darlin Steeven

De la Carrera, Tecnología en Electromecánica.

Para constancia firman:

.....

.....

.....

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Tiglla Gualotuña Darlin Steeven, estudiante del Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, declaro que he realizado este trabajo de titulación tomando en consideración citas bibliográficas que se nombran en este texto.

El Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva puede utilizar este trabajo de titulación como una ayuda bibliográfica.

-----

Tiglla Gualotuña Darlin Steeven

C.I 172398338-1

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, extiendo mi agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva “Carrera Tecnología en Electromecánica” así como también, a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo en las aulas de clases; guiando a cada uno de los que acudimos a ellas, con sus conocimientos y aprendizajes, que nos servirán para ser de gran ayuda en la sociedad.

A mi Tutor el Ingeniero Carlos Ruiz, quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea, durante el proceso que ha llevado el realizar este proyecto; me ha brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminado.

A mis queridos padres por ser los promotores, gracias por cada día entregarme su confianza y creer en mí, gracias a mi madre por estar siempre dispuesta a acompañarme varias noches de estudio que con su café me demostraba lo mucho que me ama, gracias a mi padre por ayudarme económicamente, además, de siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras.

A mis hermanos que de una u otra manera me hicieron entender que soy yo su ejemplo a seguir y que seguirán los mismos pasos que yo.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a los aportes de mi querida enamorada y familia que, con su amor, su bondad, su paciencia y su apoyo no se ha notado lo complicado de esta meta. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

Darlin Steeven Tiglla Gualotuña

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y estar siempre conmigo, guiando mi camino de la mejor manera.

A mis Padres porque el esfuerzo y las metas alcanzadas, es un claro ejemplo, de cuán grande es el amor que los padres tienen a sus hijos.

A mi novia Jaqueline quien con su incondicional apoyo y aliento ayudó a continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

Al Ing. Carlos Ruiz quien fue una excelente persona, que con sus conocimientos y gran trayectoria ha logrado en mí culminar esta tesis exitosamente.

Darlin Steeven Tiglla Gualotuña



## ÍNDICE GENERAL

<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>3.1.</b>	<b>Objetivo General .....</b>	<b>1</b>
<b>3.2.</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>1</b>
<b>4.</b>	<b>DESARROLLO O CUERPO PRINCIPAL .....</b>	<b>2</b>
<b>4.1.</b>	<b>Marco Teórico – Conceptual .....</b>	<b>2</b>
4.1.1.	Mantenimiento Industrial. ....	2
4.1.1.1.	Breve historia del mantenimiento industrial.....	2
4.1.1.2.	Objetivos del mantenimiento.....	2
4.1.2.	Tipos de mantenimiento. ....	3
4.1.2.1.	Mantenimiento correctivo. ....	3
4.1.2.2.	Mantenimiento preventivo.....	4
4.1.2.3.	Mantenimiento predictivo. ....	5
4.1.2.4.	Mantenimiento cero horas (Overhaul).....	6
4.1.2.5.	Mantenimiento en uso. ....	6
4.1.3.	Hidráulica. ....	7
4.1.3.1.	Definición de hidráulica .....	7
4.1.3.2.	Hidrodinámica. ....	7
4.1.3.3.	Hidrostática.....	7
4.1.4.	Principios básicos de la Oleohidráulica.....	7
4.1.4.1.	Componentes de un sistema hidráulico. ....	8
4.1.5.	Clasificación de las bombas. ....	11
4.1.6.	Aplicaciones. ....	11
4.1.7.	Sistema de lubricación.....	12
4.1.7.1.	Finalidad de la lubricación. ....	12
4.1.8.	Tipo de lubricantes .....	13
4.1.8.1.	Lubricante hidráulico basado en aceite. ....	13
4.1.8.2.	Lubricante hidráulico sintético. ....	13
4.1.8.3.	Lubricante hidráulico con aditivos detergentes. ....	14
4.1.9.	Lubricantes para compresores de tornillo.....	14

4.1.10.	Principios básicos de los compresores.....	15
4.1.11.	Clasificación del compresor por su origen. ....	15
4.1.12.	Compresor de tornillo lubricado.....	16
4.1.12.1.	Proceso de compresión. ....	16
4.1.12.2.	Componentes. ....	17
4.1.12.3.	Funcionamiento interno.....	18
4.1.12.4.	Regulación del compresor. ....	19
4.1.13.	Precauciones para compresores de aire. ....	20
4.1.14.	Peligros del aire comprimido.....	20
<b>4.2.</b>	<b>Procedimiento – Metodología .....</b>	<b>21</b>
4.2.1.	Diseño.....	21
4.2.1.1.	Visualización general del conjunto compresor.....	21
4.2.1.2.	Elementos a corregir del sistema hidráulico.....	21
4.2.1.3.	Diagrama del sistema de circulación del lubricante – refrigerante. ....	22
4.2.2.	Proceso de desmontaje. ....	23
4.2.2.1.	Desmontaje de las mangueras hidráulicas. ....	23
4.2.2.2.	Desmontaje de las válvulas hidráulicas. ....	25
4.2.2.3.	Desmontaje de la bomba hidráulica.....	27
4.2.3.	Implementación. ....	28
4.2.3.1.	Juntas mecánicas. ....	28
4.2.3.2.	Implementación de las tapas en la parte lateral del compresor. ....	29
4.2.3.3.	Colocación de la bomba hidráulica en el tornillo del compresor. ....	29
4.2.3.4.	Colocación de las mangueras hidráulicas.....	30
4.2.3.5.	Introducción del aceite hidráulico de lubricación ISO 68 en el sistema hidráulico.....	31
4.2.3.6.	Sistema hidráulico finalizado. ....	32
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>7.</b>	<b>FUENTES.....</b>	<b>37</b>
<b>7.1.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>37</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>39</b>
<b>8.1.</b>	<b>Diagrama del sistema de circulación del lubricante – refrigerante. ....</b>	<b>39</b>
<b>8.2.</b>	<b>Desmontaje de la parte lateral del tornillo del compresor. ....</b>	<b>40</b>

<b>8.3.</b>	<b>Juntas mecánicas para la tapa lateral del compresor. ....</b>	<b>40</b>
<b>8.4.</b>	<b>Elementos del sistema hidráulico desmontados.....</b>	<b>41</b>
<b>8.5.</b>	<b>Limpieza de mangueras y válvulas hidráulicas. ....</b>	<b>41</b>
<b>8.6.</b>	<b>Partes de la válvula check.....</b>	<b>42</b>
<b>8.7.</b>	<b>Montaje interno de la válvula check.....</b>	<b>42</b>
<b>8.8.</b>	<b>Instalación de manguera hidráulica en el tanque separador. ....</b>	<b>43</b>
<b>8.9.</b>	<b>Válvulas hidráulicas limpias e instaladas.....</b>	<b>43</b>
<b>8.10.</b>	<b>Introducción del aceite hidráulico ISO 68 en el sistema hidráulico.....</b>	<b>44</b>
<b>8.11.</b>	<b>Capa nueva de pintura en la unidad de compresor.....</b>	<b>44</b>
<b>8.12.</b>	<b>Instalación del gabinete en el compresor.....</b>	<b>45</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mantenimiento correctivo.....	4
Figura 2: Mantenimiento preventivo.....	4
Figura 3: Mantenimiento predictivo.....	5
Figura 4: Mantenimiento Overhaul.....	6
Figura 5: Mantenimiento en uso.....	6
Figura 6: Transferencia directa de fuerza.....	8
Figura 7: Multiplicación de fuerza.....	8
Figura 8: Elementos básicos de un circuito hidráulico.....	10
Figura 9: Clasificación de las bombas.....	11
Figura 10: Sistema de lubricación de un compresor de tornillo.....	14
Figura 11: Clasificación de los compresores por su origen.....	15
Figura 12: Proceso de compresión.....	16
Figura 13: Diagrama de conexión del compresor de tornillo.....	18
Figura 14: Unidad de compresor en estado inicial.....	21
Figura 15: Mangueras hidráulicas.....	24
Figura 16: Manguera hidráulica flexible.....	25
Figura 17: Unidad de compresor sin mangueras hidráulicas.....	25
Figura 18: Válvula de solenoide.....	26
Figura 19: Válvula de alivio.....	26
Figura 20: Válvula check.....	27
Figura 21: Válvula check desarmada.....	27
Figura 22: Bomba hidráulica.....	28
Figura 23: Colocación de la tapa lateral.....	28
Figura 24: Sellos de seguridad.....	29
Figura 25: Tapas delanteras.....	29
Figura 26: Bomba hidráulica instalada.....	30
Figura 27: Mangueras hidráulicas de la bomba.....	31
Figura 28: Manguera hidráulica flexible.....	31
Figura 29: Tanque de aceite hidráulico.....	32
Figura 30: Vista frontal de los elementos hidráulicos instalados.....	33
Figura 31: Vista lateral izquierda de los elementos hidráulicos instalados.....	33

Figura 32: Vista lateral derecha de los elementos hidráulicos instalados .....	34
Figura 33: Conjunto compresor finalizado .....	34
Figura 34: Diagrama de circulación .....	39
Figura 35: Parte lateral del compresor.....	40
Figura 36: Juntas mecánicas .....	40
Figura 37: Elementos hidráulicos .....	41
Figura 38: Limpieza de mangueras válvulas hidráulicas.....	41
Figura 39: Válvula check.....	42
Figura 40: Válvula check.....	42
Figura 41: Manguera hidráulica .....	43
Figura 42: Válvulas hidráulicas .....	43
Figura 43: Conjunto compresor .....	44
Figura 44: Conjunto compresor pintado .....	44
Figura 45: Conjunto compresor finalizado .....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

8.1.	Diagrama del sistema de circulación del lubricante – refrigerante.....	39
8.2.	Desmontaje de la parte lateral del tornillo del compresor. ....	40
8.3.	Juntas mecánicas para la tapa lateral del compresor. ....	40
8.4.	Elementos del sistema hidráulico desmontados. ....	41
8.5.	Limpieza de mangueras y válvulas hidráulicas. ....	41
8.6.	Partes de la válvula check. ....	42
8.7.	Montaje interno de la válvula check.....	42
8.8.	Instalación de manguera hidráulica en el tanque separador. ....	43
8.9.	Válvulas hidráulicas limpias e instaladas.....	43
8.10.	Introducción del aceite hidráulico ISO 68 en el sistema hidráulico.....	44
8.11.	Capa nueva de pintura en la unidad de compresor.....	44
8.12.	Instalación del gabinete en el compresor.....	45

## INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto de aplicación práctica tiene como finalidad la realización del mantenimiento correctivo del sistema hidráulico de un compresor Ingersoll Rand de 650 CFM, el cual se encuentra ubicado en la Industria Aceros de los Andes, es necesario mencionar que existen diversos sistemas dentro del mismo, y uno de estos es el hidráulico.

El sistema hidráulico se halla en gran parte desmontado del compresor, es decir, que no puede realizar las tareas para las cuales está diseñado, puesto que no se le ha realizado ningún tipo de mantenimiento, además, elementos como las mangueras hidráulicas y los acoples se hallan en un estado bastante deteriorado.

El objetivo de realizar el mantenimiento correctivo al sistema hidráulico consiste básicamente en ayudar a que el compresor trabaje en óptimas condiciones evitando así, pérdidas de aceite lubricante, a más de mantener el equipo a una temperatura apropiada, evitando así el recalentamiento del sistema mecánico, por otro lado, el mantenimiento ayudará en gran parte a la reactivación y puesta en marcha del compresor en general, ya que existen máquinas y equipos que necesitan de aire comprimido para realizar sus actividades adecuadamente.

El mantenimiento empezará por el desmontaje y verificación de cada una de las mangueras hidráulicas, las que se encuentren en un estado deteriorado se las cambiará y las que no, se les realizará una limpieza, las mangueras hidráulicas cumplen un funcionamiento primordial en el sistema hidráulico el cual es transportar el fluido de un sitio a otro.

Dentro del sistema hidráulico existe 3 válvulas las cuales son: 1 válvula de solenoide, 1 válvula de alivio y 1 válvula check, para poder realizar el mantenimiento de las mismas, se utilizará el diagrama del sistema de circulación del lubricante, el cual ayudará a localizarlas y así poder desmontarlas teniendo en cuenta los demás elementos del sistema.

Existe una bomba hidráulica en el sistema hidráulico la cual se encuentra ubicada en la parte posterior del compresor justo detrás de los tornillos, será el elemento final al cual se le realizará el mantenimiento.

## ANTECEDENTES

El hombre desde sus inicios se ha empeñado en multiplicar su fuerza física, al principio se asoció con otros individuos para aplicar su fuerza individual y llegar a un objetivo en común. Existieron medios mecánicos que ayudaron notablemente en las labores, como lo es la rueda, la palanca y la cuña. Pronto estos inventos progresaron hasta convertirse en ingenios mecánicos múltiples.

Según Betancourt (1989), la primera bomba construida por el hombre fue la jeringa y este invento se atribuye a los antiguos egipcios, debido a que ellos utilizaron dichos dispositivos para embalsamar las momias. Blaise Pascal, fue el responsable de importantes descubrimientos, sin embargo, en relación con la mecánica de fluidos destacan los siguientes; La formulación en 1650 de la ley de distribución de la presión de un líquido contenido en un recipiente, se conoce como la Ley de Pascal. Por otro lado, la comprobación de que la potencia del vacío se debe al peso de la atmósfera y no a un “error natural” como se creyó por más de 2000 años antes de su época.

Según Betancourt (1989), en 1930 se empezaron a construir las bombas hidráulicas de paletas de alta presión y se introdujeron los sellos de caucho sintético. Diez años después los servomecanismos electrohidráulicos ampliaron el campo de aplicación de la oleohidráulica (rama de la hidráulica que utiliza aceite mineral como fluido). Desde los años sesenta el esfuerzo investigativo de la industria y las entidades de formación profesional ha conducido hasta los sofisticados circuitos de la hidráulica.

Según Albornoz (2007), en la actualidad las aplicaciones de la oleohidráulica son muy diversas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañado además de principios que rigen la hidráulica. Lo anterior mencionado, se ve reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que sin duda ha permitido un creciente de la industria en general. El empleo de la energía proporcionada por el aceite a presión, puede aplicarse para transportar, excavar, levantar, perforar, manipular materiales, controlar e impulsar vehículos móviles tales como: tractores, grúas, camiones, retroexcavadoras, frenos y suspensión de vehículos.



Según La Competencia S.A (2017), el mantenimiento correctivo es más que un protocolo a seguir, depende del diagnóstico identificado, por medio del cual se tomaran las decisiones necesarias en cuanto a las acciones que se realizaran en el equipo. El mantenimiento es muy importante dentro de cualquier maquina o sistema, ya sea preventivo o correctivo, se enfoca a una tarea que no todo individuo puede realizar, pues se requiere de conocimientos y destrezas de técnicas para ejecutarlo.

El mantenimiento correctivo ayuda a poner nuevamente en marcha equipos o sistemas, los precios dependen del mantenimiento que se va a realizar y la complejidad del mismo.

## **RESUMEN**

En las empresas e industrias que trabajan con equipos y maquinaria costosa es importante desarrollar y ejecutar una planeación de mantenimiento con el fin de programar las actividades que se desarrollaran a mediano y largo plazo. Esto representa beneficios para la empresa; menor consumo de la mano de obra, operarios o departamento de mantenimiento, disminución de inventarios, menor tiempo de parada de equipos, mejora el clima laboral en el personal de mantenimiento sobre todo guardando su integridad, mejora la productividad (Eficiencia x Eficacia), ahorro en costos y entre otros. Es por esto que el presente proyecto tiene la finalidad de la realización del mantenimiento correctivo del sistema hidráulico de un compresor Ingersoll Rand de 650 CFM el cual se encuentra ubicado en la Industria Aceros de los Andes, es necesario mencionar que existen diversos sistemas dentro del mismo, y uno de estos es el hidráulico. Este se halla en gran parte desmontado del compresor, es decir, que no puede realizar las tareas para las cuales está diseñado, puesto que no se le ha realizado ningún tipo de mantenimiento o reparación, además, los elementos como las mangueras hidráulicas y los acoples se hallan bastante deteriorado. El objetivo de realizar el mantenimiento correctivo al sistema hidráulico consiste básicamente en ayudar a que el compresor trabaje en óptimas condiciones evitando así, pérdidas de aceite lubricante, a más de mantener el equipo a una temperatura apropiada, evitando así el recalentamiento del sistema mecánico, por otro lado, el mantenimiento ayudará en gran parte a la reactivación y puesta en marcha del compresor en general, ya que existen máquinas y equipos que necesitan de aire comprimido para realizar sus actividades adecuadamente

### **PALABRAS CLAVE:**

Compresor tipo tornillo, mantenimiento correctivo, tornillo Ingersoll-Rand, Sistema hidráulico.

## ABSTRACT

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Desarrollar el mantenimiento correctivo del sistema hidráulico de un compresor Ingersoll Rand de 650 CFM en la industria Aceros de los Andes, para la puesta en marcha.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Reemplazar los elementos de la bomba hidráulica, por medio del kit de reparación.
- Ejecutar el reemplazo de las mangueras hidráulicas obsoletas, para evitar fugas de fluido en el sistema.
- Realizar pruebas finales de funcionamiento del sistema hidráulico poniendo en marcha el compresor.

## **4. DESARROLLO O CUERPO PRINCIPAL**

### **4.1. Marco Teórico – Conceptual**

#### **4.1.1. Mantenimiento Industrial.**

El mantenimiento como tal, esta designado al grupo de acciones que tienen como fin conservar sistemas y equipos, o a la vez restaurarlos a un estado en donde cumplan con las funciones preestablecidas, garantizando un trabajo en óptimas condiciones.

##### ***4.1.1.1. Breve historia del mantenimiento industrial.***

Según Valderrama (2018), para tener una idea clara sobre el propósito del mantenimiento en el campo industrial es menester mencionar la evolución del termino y ámbito de acción. Si bien se sabe el término “mantenimiento” se empezó a utilizar en el año 1950 en EEUU, por otro lado, en Francia se fue consolidando progresivamente.

Hasta 1920 se comienzan a llevar las primeras estadísticas sobre fallas, y se introducen a las empresas conceptos de competitividad; llevando así a las empresas a mejorar los esfuerzos en eludir fallas en la maquinaria evitando así paros en la producción.

Con las primeras fallas los únicos responsables eran los operarios, sin embargo como la tecnología fue avanzando, naturalmente las maquinas se volvieron más complejas al igual que sus errores en efecto, las empresas iniciaron a formar áreas especializadas para el mantenimiento de sus máquinas.

El termino como tal ha tenido una notable evolución a través del tiempo, desde lo más común que era arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción, hasta la actualidad en donde el mantenimiento está acompañado de funciones como; prevenir, corregir y revisar los equipos optimizando así el coste global.

##### ***4.1.1.2. Objetivos del mantenimiento.***

- Incrementar la disponibilidad de los equipos.
- Minorar los costes al mínimo compatible con el nivel de utilizable necesario.
- Mejorar la fiabilidad de sistemas y equipos.

#### **4.1.2. Tipos de mantenimiento.**

Básicamente se ha diferenciado 5 tipos de mantenimiento, que se distinguen entre sí por el carácter de las actividades que implica.

##### **4.1.2.1. *Mantenimiento correctivo.***

Según Renovetec (2009), como mantenimiento correctivo se entiende que es la corrección de las averías o fallas, cuando estas se presentan, es la más frecuente reparación, tras una avería que obligo a detener la instalación o maquina afectada por el fallo. Está se programa después de que ocurra la falla, con el objetivo de restablecer las condiciones originales o estándares del equipo, bien sea a través del cambio de las piezas que puedan rehabilitar el funcionamiento del equipo. Las características del mantenimiento correctivo son:

##### Ventajas

- No requiere un gran número de equipos de medición y control.
- Mayor duración tanto en los equipos como en los sistemas.
- No genera gastos fijos.
- No es necesario prever ninguna actividad.
- Solò se gasta dinero cuando està claro que se necesita hacerlo.
- A corto plazo puede generar un resultado económico.

##### Inconvenientes

- Las fallas se revelan de forma inesperada, esto trae como consecuencia problemas en la producción.
- Cuando el equipo llega al punto crítico de funcionamiento por fallas este tiene un alto costo y mayor inversión en el equipo.
- Las unidades o equipos tienden a perder confiabilidad.
- Peligro de fallo en componentes difíciles de adquirir y que los mismos posean un precio muy elevado.
- Resulta imposible garantizar el tiempo que va a demorar el proceso de reparación de las fallas



Figura 1: Mantenimiento correctivo. Por Renovetec (2010)

#### **4.1.2.2. Mantenimiento preventivo.**

Según Renovetec (2009), este mantenimiento tiene como misión mantener un servicio definido en los equipos, planificando las intervenciones de las zonas más insensibles en el momento oportuno. Suele tener un carácter ordenado, es decir, se actúa, aunque el equipo no presente problema alguno.

##### Ventajas

- Es completamente planificado y anticipado.
- Consigna el recurso de equipos de la planta al momento requeridos.
- Los equipos se maniobran en completas condiciones de seguridad.
- Reducción notable en parada de los equipos.

##### Inconvenientes

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Se agranda el gasto y se reduce la disponibilidad si no se selecciona apropiadamente la frecuencia de los trabajos preventivos.



Figura 2: Mantenimiento preventivo. Por Renovetec (2010)

### **4.1.2.3. Mantenimiento predictivo.**

Según Renovetec (2009), es un mantenimiento más tecnológico, pues necesita de medios técnicos avanzados ya que es necesario informar y conocer permanentemente la condición y operatividad de las instalaciones, teniendo en cuenta valores de determinadas variables como: temperatura, vibración, consumo de energía, etc., cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

#### Ventajas

- La ventaja más relevante es que en cierta forma impide la aparición de fallas imprevistas, minimizando los efectos negativos aumentando la confiabilidad de la planta y sus equipos.
- Determinación óptima del tiempo para la realización del mantenimiento.
- Ejecución sin obstaculizar el funcionamiento habitual de los equipos.
- El tiempo dedicado para estas actividades deben ser el adecuado ya que deben ser constantes.

#### Inconvenientes

- Se pueden presentar deterioros en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.
- Requiere una gran inversión de dinero en equipos de monitoreo, instrumentación y control, buscando en un futuro se reinvierta en beneficios y dinero.
- Es necesario disponer de un personal altamente calificado para el seguimiento de esos monitoreos.



*Figura 3: Mantenimiento predictivo. Por Renovetec (2010)*



#### **4.1.2.4. Mantenimiento cero horas (Overhaul).**

Según Renovetec (2009), el mantenimiento cero horas es el conjunto de tareas que tiene como objetivo examinar los equipos a intervalos previamente trazados antes de que aparezca alguna avería, cuando la fiabilidad del equipo ha reducido notablemente. Esta revisión consiste en dejar al equipo en “cero horas” de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo además se reemplazan o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste.



*Figura 4: Mantenimiento Overhaul. Por Renovetec (2010)*

#### **4.1.2.5. Mantenimiento en uso.**

Básicamente es un mantenimiento realizado por los usuarios a los equipos. Radica en una serie de tareas fundamentales como: toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, etc., para lo cual no es necesario contar con una gran formación sino más bien realizar un entrenamiento breve (Renovetec, 2009).



*Figura 5: Mantenimiento en uso. Por Renovetec (2010)*

Y bien hay que recalcar que los mantenimientos son la base para la calidad total de una empresa y esto forma parte de las normas que se establecen a nivel mundial.

### **4.1.3. Hidráulica.**

#### **4.1.3.1. Definición de hidráulica**

Según Sandoval (2009), la hidráulica esencialmente forma parte de la física y está dedicada al estudio de las propiedades mecánicas de los líquidos, por lo tanto, cuando se escuche la palabra “hidráulica”, indudablemente hay que enfatizar el concepto que manifiesta que es la transformación de la energía ya sean eléctrica o mecánica en hidráulica.

Los sistemas hidráulicos se caracterizan por presiones muy altas pudiéndose despreciar, en consecuencias; las variaciones de la presión hidrostática, los sistemas hidráulicos tienen diversas aplicaciones industriales y ensayos de laboratorio.

En la actualidad el uso de la oleohidráulica se debe a su gran proporción de ventajas, pues con muy poca utilización de energía se puede controlar y transmitir grandes cantidades de energía.

#### **4.1.3.2. Hidrodinámica.**

Básicamente la hidrodinámica estudia las leyes que rigen el movimiento de los fluidos no elásticos, así como las resistencias que esto ponen a los cuerpos que se mueven en el seno de los fluidos.

#### **4.1.3.3. Hidrostática.**

Según Sandoval (2009), la hidrostática es la parte de la física que estudia los líquidos en reposo, cuando un líquido está en reposo puede suponerse que una porción del mismo elemento de volumen o lamina infinitamente delgada (elemento de superficie) se solidifica; basta entonces con limitarse a aplicar los teoremas de la estática de los cuerpos sólidos a elementos inmóviles de líquidos.

### **4.1.4. Principios básicos de la Oleohidráulica.**

Según Sandoval (2009), Debido a que los líquidos no son muy comprensibles, la transferencia y multiplicación de fuerza es más factible.

Las propiedades básicas de los líquidos, el fluido aplica la misma cantidad de presión de manera igualitaria en todas las direcciones, como resultado la presión aplicada en el pistón de entrada se transfiere al pistón de salida, como se muestra en la figura 6

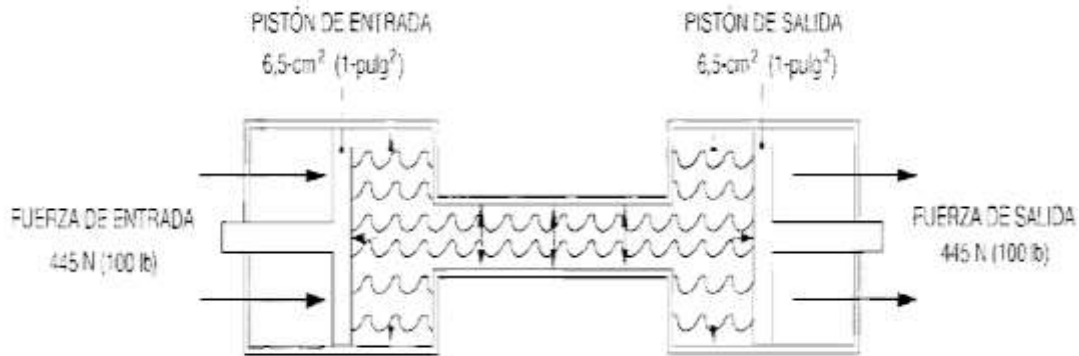


Figura 6: Transferencia directa de fuerza. Por Sandoval (2014)

Que sucede si el pistón de salida tiene un diámetro diferente, pues como el líquido aplica la misma cantidad de presión en todas las direcciones el resultado mostrado en la figura 7 es que la fuerza transferida al pistón de salida ahora es de  $1780\text{ N}$ , obteniendo una proporción de ventaja mecánica de 4:1.

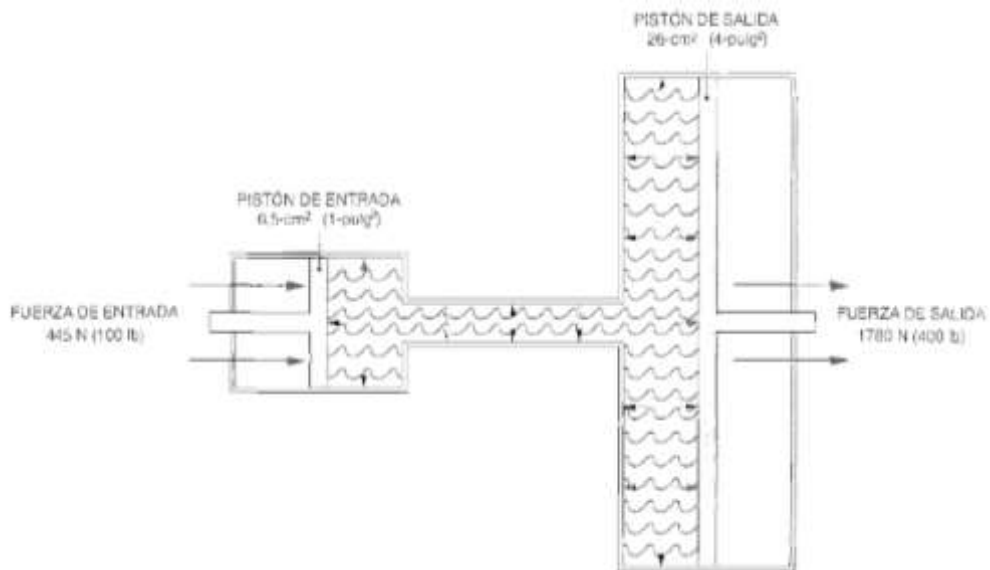


Figura 7: Multiplicación de fuerza. Por Sandoval (2014)

#### 4.1.4.1. Componentes de un sistema hidráulico.

Según Crespo (2010), el sistema hidráulico está conformado en primer lugar por la bomba hidráulica la cual es la encargada de transformar la energía mecánica en energía hidráulica, pues este dispositivo logra la transformación tomando aceite de un depósito de

almacenamiento que puede ser un tanque y lo envía a través del sistema hidráulico como un flujo. Hay que tener en cuenta que la bomba solo produce flujo, el mismo que luego es usado por el sistema, la bomba no produce presión, pues, esto se logra gracias a la acción de resistencia al flujo.

El depósito dentro del sistema hidráulico cumple con el trabajo de recuperar el fluido después de ser utilizado y mantener un nivel adecuado al uso. Otro elemento es el filtro el mismo que tiene como misión mantener el aceite en unas condiciones de limpieza apropiadas, alargando así la vida útil del sistema. Además, es el responsable de retirar del aceite partículas sólidas como: trozos de metal, plástico, etc. El aceite puede ser filtrado en cualquier punto del sistema, en varios sistemas hidráulicos el aceite es filtrado antes que ingrese a la válvula de control.

A diferencia de un sistema neumático, en las instalaciones oleohidráulicas se necesita un circuito de retorno del fluido llamado red de distribución puesto que, el fluido se vuelve a utilizar una y otra vez, es por eso que se debe garantizar la presión y velocidad de aceite en todos los puntos. Los materiales utilizados suelen ser acero o plástico reforzado esto va a depender del uso.

Por último, se encuentran los elementos de regulación y control, estos son los delegados de regular el paso del aceite desde la bomba hasta los elementos actuadores. Las válvulas pueden ser activadas de diversas maneras: manualmente, por circuitos eléctricos, hidráulicos, mecánicos o neumáticos. En la figura 8 se muestra los elementos que conforma un circuito hidráulico.

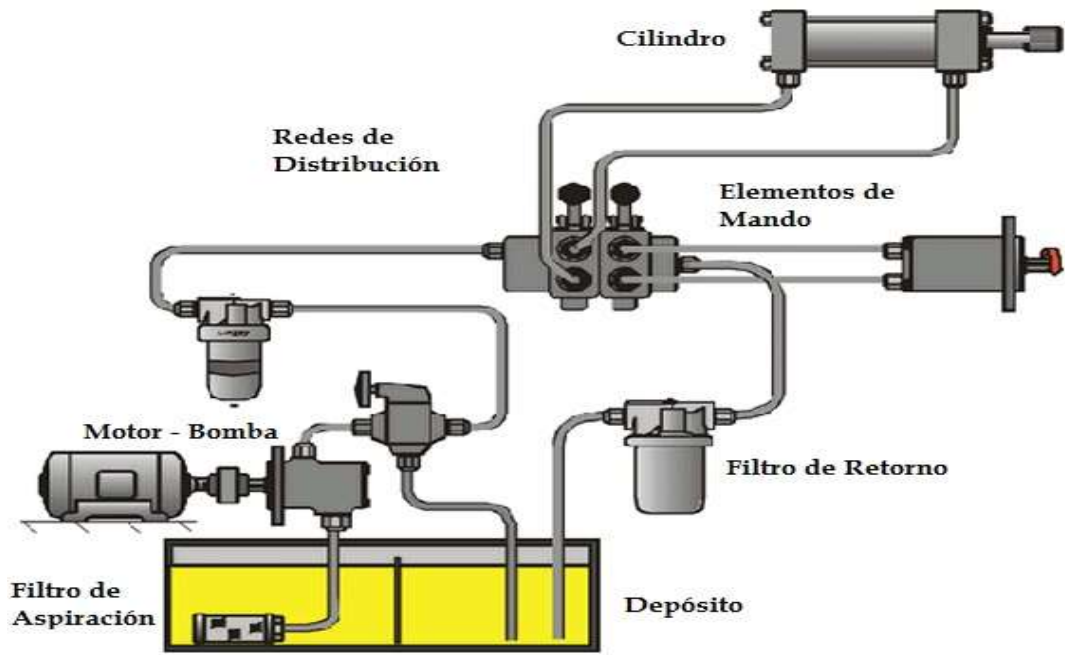


Figura 8: Elementos básicos de un circuito hidráulico. Por Crespo (2010)

#### 4.1.5. Clasificación de las bombas.

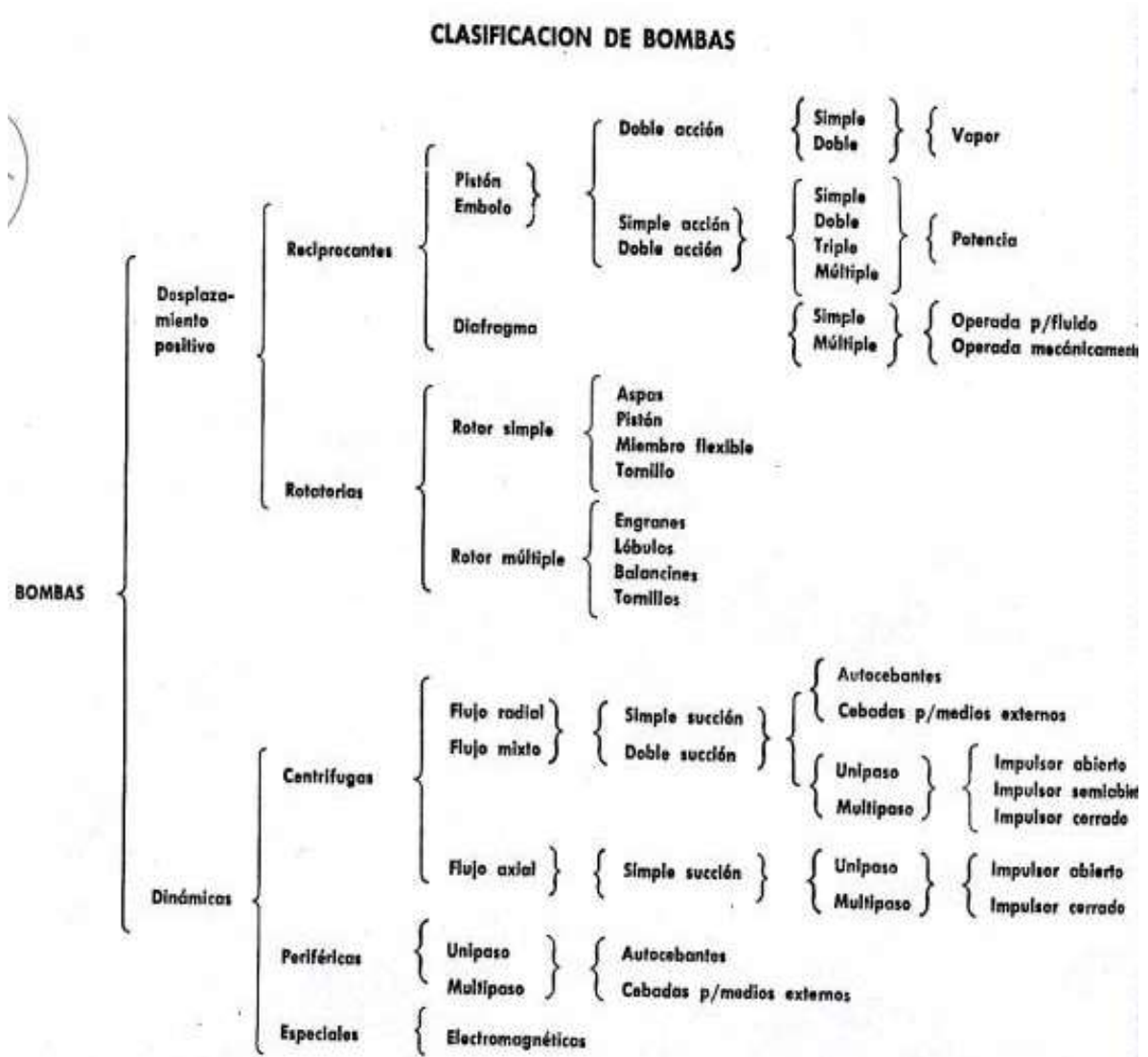


Figura 9: Clasificación de las bombas. Por Briceño (2012)

#### 4.1.6. Aplicaciones.

Según Briceño (2012), las bombas aumentan la energía de los líquidos, pueden ser de flujo radial, axial o de una combinación de ambas llamadas de flujo mixto.

Según sea la forma de los elementos de desplazamiento de las bombas hidráulicas se distinguen, esencialmente, los siguientes tipos de bombas: bombas de engranaje, bombas de células o elementos y bombas de embolo.

El campo de aplicación de las bombas rotatorias es muy extenso, como por ejemplo en la industria petrolera las bombas son utilizadas para la lubricación de los molinos rotadores,

circulación de aceites para procesos térmicos y enfriamiento, además, para bombear fluidos dispersos cuya finalidad es remover los productos sólidos en la perforación de pozos petroleros, para el uso como quemadores de aceite en servicios de combustible, en extracción de agua de los pozos.

Para la utilización como insumo en la industria de bebidas gaseosas en la movilización de minerales bajo la forma de pulpa, para la flotación selectiva de minerales; en la industria cervecera para transferir el mosto del filtro-prensa al caldero de sacarificación; en las refinerías de petróleo para la carga de tanques, transporte, distribución, producción y refinación de aceites crudos o refinados

En las plantas de producción de vapor para mover el agua debidamente ablandada a la alimentación del caldero; para la lubricación de máquinas, herramientas y todo equipo mecánico, en sistemas hidráulicos como elevadores y gatos hidráulicos; en la industria ferroviaria para la transferencia de aceites combustibles, diésel, aceite de lubricación y grasa.

Existen otras aplicaciones como en la industria automotriz para controlar la suspensión, frenos, dirección y refrigeración, en la aeronáutica para dirigir timones, alerones, trenes de aterrizaje y frenos, simuladores; en la medicina para instrumental quirúrgico, mesas de operación, camas de cirugía, sillas e instrumental odontológico.

Se podría mencionar muchos más pues las aplicaciones de las bombas hidráulicas son tan múltiples, que pueden ser empleadas incluso en controles escénicos (teatro), cinematografía, parques de entretenimientos, represas, puentes levadizos.

#### **4.1.7. Sistema de lubricación.**

La lubricación como tal es una importante operación, ya que, por más pulida que se encuentren las superficies metálicas, no se hallaran completamente lisas, además, con el frotamiento entre si y una elevada presión se producirá un desgaste debido al rozamiento.

##### **4.1.7.1. Finalidad de la lubricación.**

Los lubricantes realizan diversas tareas en un sistema de compresión como:

- Lubricar las piezas en contacto por medio de la interposición de una película de aceite, para que el rozamiento entre ellas sea lo más suave posible y así evitar pérdida de potencia por rozamientos.
- Absorber el calor producido por las piezas en movimiento y transportarlo hasta el cárter donde es refrigerado.
- Amortiguar los golpes de las piezas a desplazamientos por la acción de empuje de otros elementos.
- Ejecutar la limpieza de piezas en contacto llevando en su camino las partículas procedentes de la acción de frotamiento entre las mismas.
- Llevar a cabo la acción de sellado en los segmentos, haciendo hermética la cámara de compresión.

#### **4.1.8. Tipo de lubricantes**

Según García (2017), cada tipo de fluido hidráulico está fabricado de diferentes productos químicos y tienen características diferentes. Algunos de estos son más respetuosos al medio ambiente que otros.

##### ***4.1.8.1. Lubricante hidráulico basado en aceite.***

Según García (2017), este tipo de fluido es más utilizado en los barcos, porque previenen la corrosión en diferentes metales utilizados en el motor de estas naves. El fluido hidráulico a base de petróleo no genera espuma al momento en que se encuentra atravesando el sistema, además, este fluido puede ser utilizado en amortiguadores, frenos y en algunos aviones. Hay que destacar que en actualidad es uno de los fluidos más comunes, sin embargo, tienden acumular residuos y necesitan un remplazo más a menudo.

##### ***4.1.8.2. Lubricante hidráulico sintético.***

Este fluido fue desarrollado teniendo en cuenta que los lubricantes a base de aceite eran inflamables, sin embargo, el lubricante sintético corre peligro de explotar en situaciones de alta presión. Este lubricante no se hace a partir de fuentes naturales como su antecesor, sino que es una combinación de varios productos químicos, es por esta combinación que hace que el fluido sea resistente al fuego. (García, 2017)



#### 4.1.8.3. Lubricante hidráulico con aditivos detergentes.

El fluido con aditivos detergentes es considerado resistente al fuego, sin embargo, puede llegar a ser inflamable si se encuentra expuesto a ciertas temperaturas. Este fluido es utilizado cuando se opera una máquina, pues estas se encuentran expuestas a acumulación de residuos o agua, ya que el fluido puede disolver el agua y disiparlas de las piezas de la máquina, no obstante, existe un inconveniente con este fluido hidráulico y es que deteriora juntas y sellos más rápido que los otros lubricantes. (García, 2017)

#### 4.1.9. Lubricantes para compresores de tornillo.

Según Torres (2009), los aceites usados en un compresor de tornillo deben lubricar, refrigerar, sellar y proteger. Para la lubricación generalmente se recomienda aceites de viscosidad ISO entre 32 y 100 y con un alto índice de viscosidad. Normalmente se utilizan aceites de viscosidad alta dentro del rango mencionado con el fin de mantener una película adecuada y sellos.

Dentro de los aceites empleados en este tipo de compresores el requerimiento principal es la capacidad de resistir la oxidación bajo las severas condiciones de operación generadas. Esto se debe a que el aceite es inyectado en la cámara de compresión y está íntimamente mezclado con el aire comprimido caliente. La oxidación del aceite genera lacas y lodo los mismo que pueden bloquear los filtros e interrumpir la operación de la máquina.

Esto no solo genera una compresión de manera errónea, sino que también conlleva al rozamiento y al desgaste. El sistema de lubricación de un compresor típico de tornillo se muestra en la figura 10.

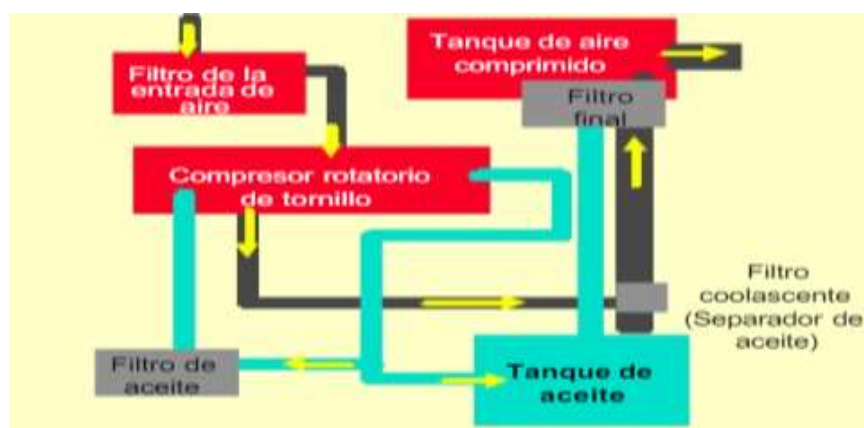


Figura 10: Sistema de lubricación de un compresor de tornillo. Por Torres (2009)

#### 4.1.10. Principios básicos de los compresores.

Según Lunar (2013), en una industria lo fundamental es como se maneja y se utiliza los equipos y herramientas que la integran, puesto que en la actualidad estos son mas avanzados y muchos de estos utilizan el aire comprimido para su funcionamiento; ahí recae la importancia de saber los usos beneficios que se obtienen a través de los generadores de aire comprimido o mejor conocidos como compresores de aire.

Los compresores son equipos de accionamiento inmediato y basan su funcionamiento por medio de la diferencia de presiones. Esta presión de fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del mismo durante su paso por el compresor.

Se debe conocer que el fluido de trabajo se le conoce como fluidos compresibles es decir que las variaciones en la densidad dentro de un flujo no se pueden despreciar; la densidad de un fluido es la masa por unidad de volumen que ocupa y los volúmenes específicos de trabajo se refiere al volumen que se ocupa una unidad de masa de materia.

#### 4.1.11. Clasificación del compresor por su origen.

Según Lunar (2013), se clasifican según el indicio constructivo de los compresores volumétricos y se subdividen en los de embolo, de rotor y de los de paleta en axiales centrífugos, además es posible la división de los compresores en grupos de acuerdo con el género de gas que se desplaza, también por el tipo de transmisión y de la destinación del compresor.

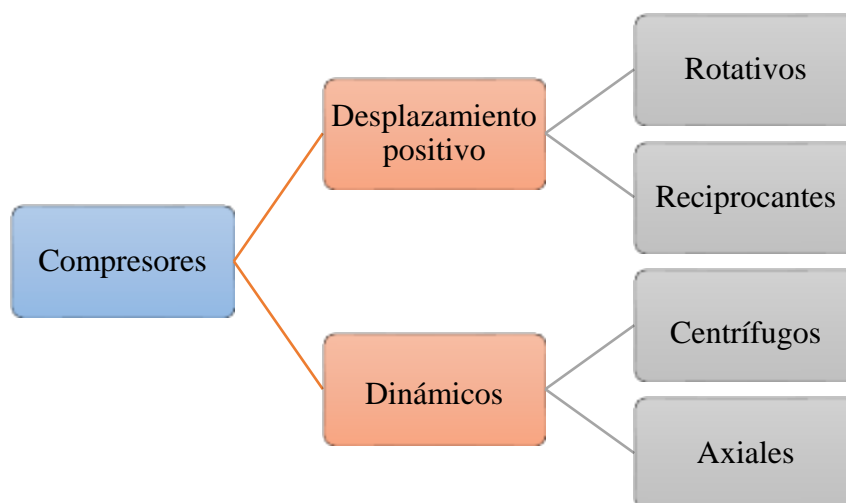


Figura 11: Clasificación de los compresores por su origen. Elaboración propia (2018)

Existe una diferencia entre esos dos tipos de compresores y es que en los dinámicos la energía cinética va en aumento de presión, mientras que en los de desplazamiento positivo, reducen el volumen del fluido de trabajo para incrementar la presión.

#### 4.1.12. Compresor de tornillo lubricado.

Según Mundo Compresor (s.f.), el compresor de tornillo lubricado es un equipo de desplazamiento positivo, es decir, que aprovecha el desplazamiento del aire, a través de las cámaras que se generan con el giro en paralelo, y en sentido contrario de dos tornillos, uno macho y otro hembra. El espacio creado entre estos dos tornillos es llenado por el aire, aumentando la presión de acuerdo a como se vaya reduciendo el volumen de las mencionadas cámaras.

Hay que recalcar que la tecnología del compresor de tornillo es más avanzada que su antecesor, el llamado compresor alternativo o de pistón. Es cierto que los dos equipos son de desplazamiento positivo, sin embargo, existe una clara diferencia y es en la forma de comprimir el aire, para el compresor de tornillo, es continua a lo largo del rotor y en el de pistón está compuesta de dos fases (aspiración y compresión). Esta diferencia de comprimir el aire en el pistón genera alteraciones en el flujo, mientras que en la de tornillo genera un flujo de aire continuo.

##### 4.1.12.1. Proceso de compresión.

En el interior de la carcasa del compresor se encuentran dos rotores (macho y hembra), que giran simultáneamente y en sentido contrario. Gracias al efecto producido por su especial diseño el mismo que es en forma de tornillo helicoidal, el aire es desplazado desde el lado de aspiración hasta el lado de descarga, como se muestra en la figura 12.

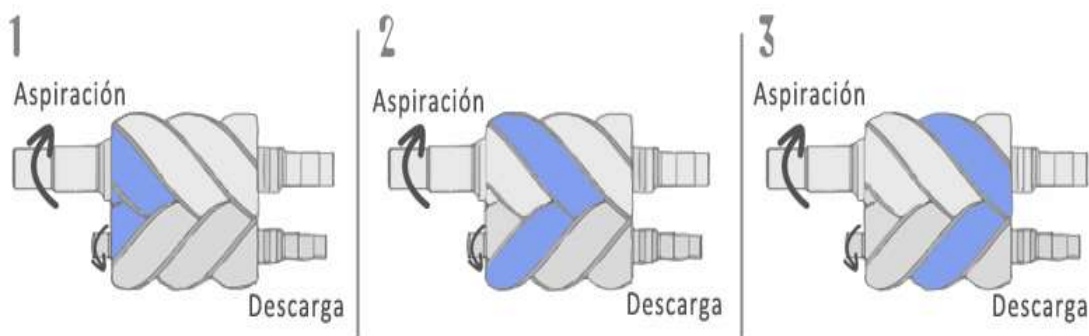


Figura 12: Proceso de compresión. Por Mundo Compresor (s.f)

El incremento de presión se produce por reducción del espacio, y esto se debe a que el aire circula longitudinalmente a través de ambos tornillos directamente al área contraria de aspiración. El aire se va acumulando debido al desplazamiento continuo de los tornillos, hasta alcanzar la presión requerida por el diseño del equipo, una vez que se llega a dicha presión el aire es liberado en la tubería de descarga, quedando el compresor en funcionamiento continuo presurizando el sistema al que se encuentre conectado.

Hablemos un poco del diseño helicoidal que tienen estos tornillos, el esquema está basado en el de Arquímedes, el cual consiste de forma básica un espiral montando sobre un cilindro, no obstante, en el caso de los compresores, este diseño es mucho más complejo, ya que, para conseguir una máxima eficiencia sus perfiles están contruidos de una forma exclusiva, además, su trabajo se basa en el funcionamiento de los dos tornillos girando en paralelo. (Mundo Compresor, s.f.)

#### ***4.1.12.2. Componentes.***

Según Mundo Compresor (s.f.), el compresor de tornillo a más de estar formado por los rotores que comprimen el aire, requiere equipos adicionales que permiten accionar y controlar el funcionamiento de los mencionados rotores. De una manera general, los componentes de dicho compresor son los siguientes:

- Conjunto de tornillos o rotores.
- Motor de accionamiento principal. Normalmente suele ser eléctrico (trifásico o monofásico) o de combustión interna, pero según su aplicación también suelen ser de otro tipo de accionamiento como: los realizados por turbinas de vapor, motores hidráulico, neumáticos, etc.
- Sistema de regulación y control de aspiración. Son muy importantes dentro del funcionamiento del compresor, pues tiene la misión de regular la entrada de aire en el equipo.
- Sistema de lubricación del equipo. Cada compresor dispone de un circuito cerrado en donde se incluye el sistema de filtrado y refrigeración del aceite.
- Sistema de lubricación del refrigerante. Mantiene en óptimas temperaturas de trabajo el refrigerante.
- Sistema de enfriamiento del aire comprimido. Su trabajo es el de reducir la temperatura del aire hasta la adecuada para su uso.

- Sistema de filtrado. Muy importante al momento de eliminar partículas y restos contaminantes del aire comprimido.
- Equipo de arranque y control. En función de su diseño y aplicación cada compresor, lleva instalado un sistema de control que regula el funcionamiento de la unidad, es decir, su arranque y su paro.
- Cabina de protección. La mayoría de compresores de tornillo poseen niveles sonoros altos y es por esto que deben ser aislados, para evitar daños auditivos a los operarios o personas que se encuentren cerca de la unidad.

#### 4.1.12.3. *Funcionamiento interno.*

Todos los equipos mencionados anteriormente son montados e interconexiónados para formar la unidad denominada compresor de tornillo lubricado, en la figura 13 se muestra el diagrama típico de este tipo de compresores.

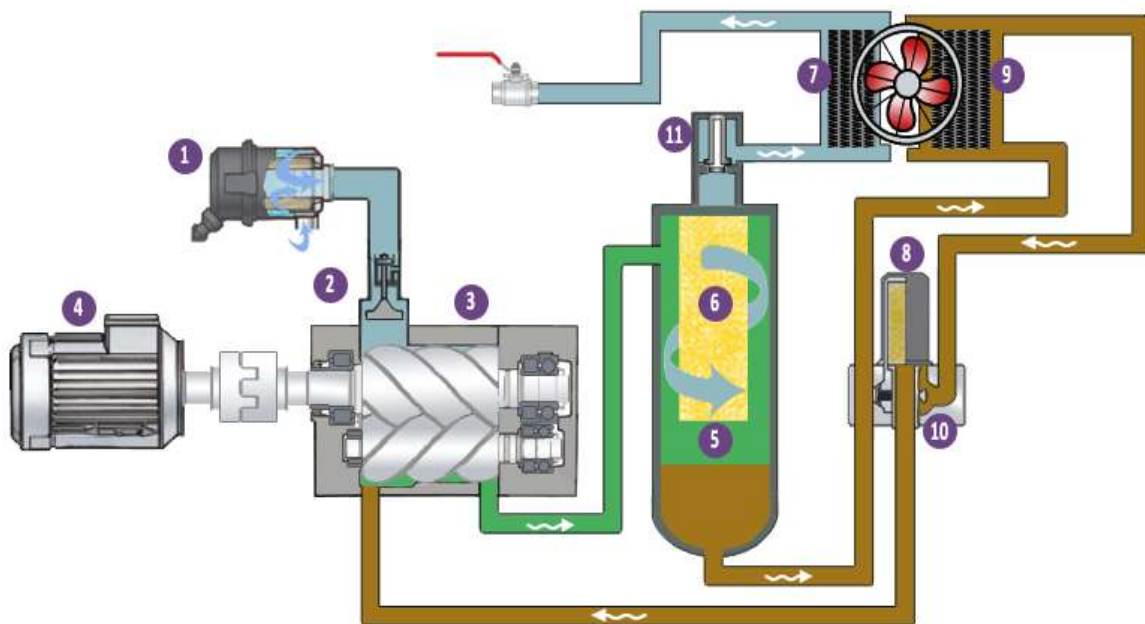


Figura 13: Diagrama de conexión del compresor de tornillo. Por Mundo Compresor (s.f)

La base del compresor está formada por el conjunto de rotores (3) y también por el motor de accionamiento (4), independientemente del tipo de accionamiento.

El aire es aspirado hasta la zona de aspiración por el filtro (1) y la válvula (2) ingresando en el tornillo. Una vez en su interior, el aire circula a través de los dos tornillos y es comprimido sobre el recipiente de separación aire/aceite (5).

Continuando por el diagrama, se puede observar que el aire tiene que realizar un giro brusco dentro del recipiente receptor (5), la idea es conseguir que se desprenda la mayor cantidad de aceite. Para que el aire salga al exterior con mayor eficiencia, paso por un filtro separador con propiedades coalescentes (6), que se encarga de eliminar el resto de aceite de la corriente de aire hasta el residual muy pequeño.

Antes de llegar el aire comprimido al intercambiador, este pasa por la válvula de retención y mínima presión (11), la mencionada válvula tiene una importante y doble misión, por un lado, mantiene la presión interna del circuito del aire a valores mínimos especificados por cada fabricante y por otro evita el retroceso del aire.

Una de las características del proceso de compresión es la generación de calor, y es evidente que el aire que sale del tornillo no puede ser entregado inmediatamente ya que se encuentra a unas temperaturas elevadas que oscilan alrededor de los 100 °C, por esta razón la unidad compresora viene equipada con unos intercambiadores de calor (7), los mismos que bajan la temperatura del aire comprimido hasta la adecuada para su uso.

La lubricación de estos compresores se realiza con un aceite indicado para este tipo de trabajo. Una vez separado el aceite en el recipiente, es conducido por un circuito cerrado que incluye un refrigerador (9) el cual se encarga de reducir la temperatura y un sistema de filtrado (8) el cual elimina impurezas que puedan existir en el aire. El aceite una vez limpio y con una temperatura adecuada es inyectado nuevamente en el tornillo.

Hay que en cuenta que este aceite no debe estar frío ni excesivamente caliente. Por este motivo, dentro del circuito de lubricación, existe una válvula termostática (10) la misma que determina en función de la temperatura, si el aceite fluye hacia el refrigerador o retorna directamente al tornillo. (Mundo Compresor, s.f.)

#### ***4.1.12.4. Regulación del compresor.***

Según Mundo Compresor (s.f.), dentro del funcionamiento del compresor de tornillo lubricado, la regulación es una parte muy importante. Habitualmente la mayoría de compresores basan su regulación a la presión del sistema, esto quiere decir que el compresor estará comprimiendo aire hasta que la presión llegue al valor preestablecido.

Es por esta razón, los compresores de tornillo trabajan entre una presión máxima y mínima para regular su funcionamiento. A continuación, se muestran diferentes maneras de realizar dicho trabajo:

- En arranque y paro

Cuando la presión al llegar a su nivel mínimo, el compresor pone en marcha su motor principal, y lo apaga cuando la presión llega a su valor máximo. Este sistema es poco usual en el compresor de tornillo, siendo más utilizado únicamente en algunas aplicaciones y con equipos de baja potencia.

- Carga/descarga

Es el sistema más frecuente, pues cuando la presión se encuentra en su valor mínimo se abre la válvula de aspiración y el tornillo succiona el aire del exterior este proceso se denomina carga. Por otro lado, cuando la presión se encuentra en su nivel máximo la válvula de aspiración se cierra y el compresor se encuentra en descarga.

- Carga/descarga con regulación proporcional

El funcionamiento de la válvula es parecido al mencionado anteriormente, sin embargo, existe una leve diferencia, y es al llegar a la presión del aire máxima, la válvula no cierra completamente, sino que comienza a cerrar parcialmente para mantener un valor de presión constante, reduciendo o aumentando la entrada de aire en el tornillo de forma proporcional.

#### **4.1.13. Precauciones para compresores de aire.**

En todo tipo de trabajo dentro de una industria es indispensable la seguridad del trabajador, a pesar de que el compresor no es una máquina de riesgo muy alto, sin embargo, las posibilidades de riesgo siempre van a estar presentes.

#### **4.1.14. Peligros del aire comprimido.**

- Un golpe de viento de menos de 40 lpc desde 4 pulgadas del oído pueden causar daño al cerebro.
- Tan mínimo como 12 lpc puede sacar un ojo de la cuenca.
- El aire puede entrar al ombligo por debajo de la ropa y puede inflar y romper el intestino.

- Si el aire se dirige hacia la boca, el aire compensado puede reventar los pulmones

## **4.2. Procedimiento – Metodología**

### **4.2.1. Diseño.**

El mantenimiento y la operación del sistema hidráulico no pueden estar separados, pues la vida útil de este depende principalmente de su modo de operación, se debe tener una visión global de cómo se encuentran los sistemas y así poder tener una base para poder empezar. Por tratarse de un compresor que tiene un tiempo fuera de servicio existen diversos elementos que deben ser cambiados y existen otros que solo necesitan una limpieza es decir un mantenimiento preventivo

#### ***4.2.1.1. Visualización general del conjunto compresor.***

El mantenimiento como tal, se cumple mediante la ejecución de actividades sobre un sistema, componente o equipo de una maquinaria en general y una de esas es la visualización previa, ya que se debe tener en cuenta que es lo que se va a realizar. El conjunto compresor se encuentra totalmente fuera de servicio, como se observa en la figura 14.



*Figura 14:* Unidad de compresor en estado inicial. Fuente propia (2018)

#### ***4.2.1.2. Elementos a corregir del sistema hidráulico.***



Una vez identificado las fallas en el sistema hidráulico, se procedió a realizar una lista de acuerdo a la necesidad que requiere cada componente del sistema como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1**  
*Actividades.*

Elementos	Actividades
Bomba hidráulica	<p>Desmontar la bomba hidráulica del compresor.</p> <p>Desmontar la parte delantera de la unidad de compresor.</p> <p>Limpiar la parte externa e interna de la bomba hidráulica con la ayuda de gasolina.</p> <p>Realizar el montaje de la bomba hidráulica en el compresor.</p>
Mangueras hidráulicas	<p>Desmontar todas las mangueras ya sean obsoletas o las que no de igual manera.</p> <p>Limpiar las mangueras que todavía puedan seguir trabajando.</p> <p>Realizar el montaje de las mangueras hidráulicas nuevas.</p>
Válvulas hidráulicas	<p>Desmontar las válvulas, check, termostática y de solenoide.</p> <p>Limpiar con cuidado las entradas y salidas de cada válvula.</p> <p>Realizar el montaje de las válvulas hidráulicas en el sitio correspondiente.</p>

Fuente: Elaboración propia. (2018)

#### **4.2.1.3. Diagrama del sistema de circulación del lubricante – refrigerante.**

Como en la mayoría de los equipos o máquinas que existen en una industria, se dispone de un manual que por lo regular viene siempre al momento de la compra; o en algunos casos se los encuentra en internet, los manuales son de gran ayuda al momento de accionar algún aparato o sistema ya que dentro del mismo contienen: el funcionamiento interno de una

manera ordenada, indicaciones para un arranque rápido y diagramas ya sean eléctricos, mecánicos, neumáticos o hidráulicos, según la necesidad se les da uso en nuestro caso utilizaremos el diagrama hidráulico el mismo que se puede verificar en el anexo 1.

#### **4.2.2. Proceso de desmontaje.**

Para la extracción de los diversos componentes que conforman el sistema hidráulico del compresor, se verifico que herramientas van a ser necesarias, pues según el trabajo se necesita una distinta.

##### ***4.2.2.1. Desmontaje de las mangueras hidráulicas.***

Existen ciertos parámetros que se deben tener en cuenta antes del retiro de las mangueras hidráulicas como:

- **Tamaño:** El tamaño de la manguera es muy importante pues este determina la velocidad a que pasa el aceite por ella, pues una alta velocidad puede causar fugas, calor, ineficiencia o aún más grave daños en el mismo sistema hidráulico por otro lado una baja velocidad va a tener como resultado una baja presión y rendimiento.
- **Temperatura:** Hay que considerar dos tipos de temperatura la de ambiente y la de los fluidos. La temperatura de trabajo afecta directamente a la vida útil de la manguera. Hay que evaluar la temperatura en la que operara la manguera y la que se encuentra en el ambiente.
- **Aplicación:** Es bueno identificar las necesidades específicas de su aplicación.
- **Fluidos:** Otra característica que hay que tener en cuenta es la compatibilidad del fluido con los materiales de la manguera. Una manguera hidráulica es compuesta de un tubo interno y una cobertura externa. Las conexiones y juntas también entran en contacto con el fluido es por eso que la compatibilidad química debe ser para todo el conjunto; de lo contrario se puede producir burbujas, erosión o fallos capaces de contaminar y dañar todo el sistema.
- **Presión:** En este caso hay que verificar con que presión se opera, si es dinámica hay que asegurarse que la manguera seleccionada atienda a presiones iguales o

superiores de trabajo, para poder cubrir vibraciones o choques y si la presión es dinámica solo cambia cuando es presurizada.

Lo primero que se realizó fue una verificación y preparación de las herramientas necesarias, además se contó con el diagrama el cual ayudo a identificar cada elemento, las mangueras hidráulicas se las retiro una por una verificando cuales servían y cuáles no, tomando en cuenta esto lo posterior fue limpiar con la ayuda de gasolina y una brocha y por otro lado colocar nuevas mangueras.



*Figura 15:* Mangueras hidráulicas. Fuente propia (2018)

En la figura 16 se observa la manguera hidráulica que fue retirada del tanque separador y la válvula check.



*Figura 16:* Manguera hidráulica flexible. Fuente propia (2018)

En la figura 17 se puede observar como quedo la unidad después de haber ejecutado el retiro de cada una de las mangueras hidráulicas.



*Figura 17:* Unidad de compresor sin mangueras hidráulicas. Fuente propia (2018)

#### ***4.2.2.2. Desmontaje de las válvulas hidráulicas.***

La válvula debido a su construcción, realmente no requiere de un gran mantenimiento, no obstante, el mantenimiento siempre será importante pues las válvulas de control son las que poseen un completo control sobre los fluidos y lo distribuye automáticamente por las tuberías para que los demás elementos cumplan con funciones necesarias. A demás existen las válvulas de alivio las mismas que son encargadas de controlar la presión del sistema para evitar daños en los componentes, la válvula permanece cerrada si la presión no supera el límite preestablecido, se abrirá si este es superado, evitando así la sobrepresión del sistema.

##### **4.2.2.2.1. Válvula de solenoide**

Una válvula de solenoide es una válvula eléctrica que se utiliza para controlar el paso del gas en sistemas neumáticos y como en este caso fluidos en sistemas hidráulicos, por un lado, existe una manguera que se encuentra conectada hacia el filtro de aceite y la otra hacia el pistón, con cuidado se desconectaron las mangueras y posterior a esto se desconectó la válvula del sitio donde se encontraba ubicada.



*Figura 18:* Válvula de solenoide. Fuente propia (2018)

#### **4.2.2.2.2. Válvula de alivio**

La válvula de alivio controla y limita el nivel máximo de presión a la cual se le permite al circuito elevarse, cuando la presión es menor de lo máximo permitido al circuito la válvula se encuentra apagada, sin embargo si la presión se eleva demasiado la válvula se abre para darle una ruta de salida al aceite para descargarse hacia el depósito de aceite; con cuidado se desconectó las mangueras que se encontraban conectadas, una de ellas en dirección hacia el filtro de aire y la otra hacia la tapa posterior del compresor, próximo a esto se desconectó la válvula del lugar en donde se encontraba ubicada.



*Figura 19:* Válvula de alivio. Fuente propia (2018)

#### **4.2.2.2.3. Válvula check**

La válvula check se encuentra situada en la parte delantera del compresor, debajo de la bomba hidráulica, por un lado, se halla conectada al tanque separador y por el otro hacia la bomba, posterior a esto se desarmo la válvula, para ejecutar el mantenimiento como la limpieza profunda.



*Figura 20: Válvula check. Fuente propia (2018)*



*Figura 21: Válvula check desarmada. Fuente propia (2018)*

#### **4.2.2.3. Desmontaje de la bomba hidráulica.**

El desmontaje de la bomba hidráulica se realizó de la siguiente manera, con la ayuda de herramientas previamente conseguidas se retiró la bomba misma, luego se retiró los tornillos del compresor con la tapa lateral en donde están alojados dos rodamientos y el eje de transmisión para la bomba. La bomba hidráulica desmontada se observa en la figura 22



*Figura 22: Bomba hidráulica. Fuente propia (2018)*

### **4.2.3. Implementación.**

Aquí se va a plasmar todo lo referente al montaje de los elementos que anteriormente fueron desmontados, empezando desde la tapa lateral del compresor la misma que se puede observar en la figura 23 es donde se ubica la bomba hidráulica.



*Figura 23: Colocación de la tapa lateral. Fuente propia (2018)*

#### **4.2.3.1. Juntas mecánicas.**

La junta mecánica o empaque es una pieza formada por materiales como el látex, silicona, metal blando, fieltro, corcho fibra de vidrio o algún polímero, estas se colocan entre dos piezas logrando así un buen ajuste evitando así pérdidas o entradas de algún tipo de fluido no deseado. En nuestro caso va a proporcionar un sellado en las tapas de la tapa lateral del compresor, como se observa en la figura 24.

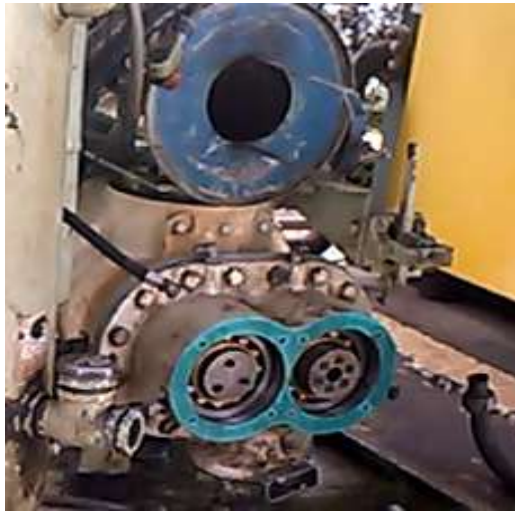


Figura 24: Sellos de seguridad. Fuente propia (2018)

#### ***4.2.3.2. Implementación de las tapas en la parte lateral del compresor.***

Una vez colocadas las juntas mecánicas el siguiente paso fue la instalación de dos tapas que conforman la parte de la tapa delantera del compresor, la unión de las mismas se realizó con unos tornillos.



Figura 25: Tapas delanteras. Fuente propia (2018)

#### ***4.2.3.3. Colocación de la bomba hidráulica en el tornillo del compresor.***



Antes de volver a instalar la bomba hidráulica se debió limpiar con ayuda de gasolina la parte interna y externa, luego se volvió a colocar en el lugar correspondiente teniendo en cuenta los dientes que ingresan en el eje y el sentido de las mangueras hidráulicas.



*Figura 26:* Bomba hidráulica instalada. Fuente propia (2018)

#### ***4.2.3.4. Colocación de las mangueras hidráulicas.***

Las mangueras hidráulicas de la bomba fueron colocadas con la ayuda de llaves mixtas según la medida y para evitar algún tipo de fuga se colocó teflón y permatex las mangueras ya instaladas se las puede observar en la figura 27.



*Figura 27: Mangueras hidráulicas de la bomba. Fuente propia (2018)*

Como se observa en la figura 28 se realizó la instalación de la manguera hidráulica flexible la misma que esa conectada por un lado a la válvula check y por el otro hacia el tanque separador.



*Figura 28: Manguera hidráulica flexible. Fuente propia (2018)*

#### ***4.2.3.5. Introducción del aceite hidráulico de lubricación ISO 68 en el sistema hidráulico.***

Hay que tener en cuenta que las partículas y la contaminación del agua pueden afectar las propiedades físicas y químicas del fluido hidráulico. La alteración de estas propiedades que son fundamentales para alargar la vida útil del sistema hidráulico, hará que el

funcionamiento sea ineficiente, perjudicando el rendimiento y aumentando el riesgo de avería. Como en todo sistema hidráulico es imprescindible el uso de un aceite en la figura 29 se observa el aceite utilizado que este es un aceite hidráulico ISO 68.



Figura 29: Tanque de aceite hidráulico. Fuente propia (2018)

#### ***4.2.3.6. Sistema hidráulico finalizado.***

A todos los elementos hidráulicos que fueron desmontados del sistema se les realizó un mantenimiento ya sea correctivo o preventivo según el caso, al final todos los elementos del sistema como tal fueron sometidos a una prueba, existieron pequeños percances como una leve fuga en la manguera que conecta la bomba hidráulica con el tanque separador, y otras que no eran realmente relevantes, fuera de eso lograron pasar sin ningún inconveniente. En las figuras 30, 31 y 32 se muestran los elementos del sistema hidráulico instalados.



*Figura 30:* Vista frontal de los elementos hidráulicos instalados. Fuente propia (2018)



*Figura 31:* Vista lateral izquierda de los elementos hidráulicos instalados. Fuente propia (2018)



*Figura 32:* Vista lateral derecha de los elementos hidráulicos instalados. Fuente propia (2018)

Dentro del conjunto compresor todos los sistemas van hacia el mismo objetivo el cual es brindar un correcto servicio, evitando perdidas de aire, perdidas de fluido hidráulico, y para que el compresor tenga una imagen presentable se colocó una capa de pintura como se muestra en la figura 33.



*Figura 33:* Conjunto compresor finalizado. Fuente propia (2018)

## 5. CONCLUSIONES

- El mantenimiento dentro de una industria en ocasiones se ve como una actividad desinteresada, ya que solo se presta atención cuando surgen problemas. Estos problemas llevan asociados gastos, es por esto que el mantenimiento tiene adjunta la idea de ser un gasto para la industria, cuando realmente se podría considera como una inversión en el futuro.
- En la ejecución del mantenimiento se pudo observar y verificar que la válvula check en el sistema hidráulico, cumple con una función muy esencial, la cual es evitar que exista un contraflujo del fluido pues, la válvula se encuentra conectada con dos mangueras hidráulicas flexibles hacia los tornillos y el tanque separador respectivamente; el líquido ingresa por los tornillos cumpliendo con la tarea de lubricar y luego se introduce mezclado con el aire en el tanque separador de aceite.
- Durante el proceso de las pruebas respectivas se examinó el funcionamiento de la válvula de solenoide la cual controla un pistón que es el posicionador de una válvula de control deslizante, cuando está cerrada el compresor funciona a plena capacidad, mientras que si la válvula se desplaza hacia la posición abierta el trabajo de los tornillos disminuye, reduciéndose así la capacidad.
- El sistema hidráulico comparte un fin en común con los demás componentes y sistemas que conforman la unidad de compresor, dicho fin es brindar un trabajo adecuado bajo las condiciones preestablecidas, pues luego de realizar varias observaciones y verificaciones del compresor se realizó una prueba final para observar cual es el comportamiento en condiciones reales de trabajo, y como es común existieron pequeños percances los cuales fueron corregidos instantáneamente.

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento preventivo ya que este puede lograr un funcionamiento eficiente y además aumentaría su productividad
- Antes de realizar el mantenimiento del compresor en general, es necesario por seguridad realizar el corte de energía, apagando el compresor y desconectando el interruptor del tablero principal.
- Comprobar periódicamente el correcto funcionamiento de las válvulas de control revisando la adecuada regulación de presión, caudal y nivel según sea la necesidad.
- Mantener los alrededores de la válvula libre de cualquier suciedad y repintar la válvula cuando se vea deteriorada.
- Revisar que el nivel de aceite se encuentre dentro de los rangos establecidos, y si es necesario llenar el compresor con aceite.

## 7. FUENTES

### 7.1. BIBLIOGRAFIA

Albornoz, F. (2007). *Hidráulica-Ingeniería*. Obtenido el 15 de agosto del 2018 de:  
<http://hidraulica-ingenieria.blogspot.com/2007/08/aplicaciones-de-la-hidraulica.html>.

Betancourt, H. (1989). *Memorias curso de oleohidráulica*. Medellín: Limusa.

Briceño, G. (2012). *Bombas hidráulicas*. Obtenido el 06 de octubre del 2018 de:  
<https://es.scribd.com/document/331861977/Bombas-Hidraulicas>

Cortina, A. (2008). *Manual de Oleohidraulica*. Madrid: Alfaomega.

Crespo, M. (2010). *Componentes de un sistema hidráulico*. Obtenido el 05 de octubre de 2018: de <https://es.slideshare.net/margayllon/componentes-en-un-sistema-hidraulico>

García, H. (2017). *Tipos de fluidos hidráulicos*. . Obtenido el 08 de octubre del 2018 de:  
<https://www.puomotores.com/13092115/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-fluidos-hidraulicos>

McGraw, H. (1987). *Equipos Industriales*. México: MCMLXXX.

Mundo Compresor. (s.f.). *Funcionamiento de un compresor de tornillo lubricado*. Obtenido el 05 de octubre de 2018 de:  
<https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/como-funciona-compresor-tornillo-lubricado>

La Competencia S.A (2017). *Importancia del mantenimiento preventivo y correctivo*. Obtenido el 17 de agosto de 2018 de:  
<https://competencia.com.ec/informacion/noticia.php?prod=7>

Lunar, H. (mayo de 2013). *Mantenimiento de un compresor*. Obtenido el 11 de diciembre de 2018 de: <http://159.90.80.55/tesis/000165259.pdf>

Renovetec. (2009). *Mantenimiento Industrial* Obtenido el 02 de octubre de 2018 de:  
<http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>



Torres, E. (2009). *Lubricación de compresores*. Obtenido el 08 de octubre de 2018 de:  
<https://es.scribd.com/doc/18198312/8-Compresores-lubricacion>

Sandoval, F. (2009). *Sistemas Hidráulicos*. Obtenido el 11 de diciembre de 2018 de:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0297\\_MI.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0297_MI.pdf)

Valderrama, R. (2018). *Historia del mantenimiento*. Obtenido el 03 de octubre de 2018 de:  
[https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/breve-historia-mantenimiento-industrial/#Las\\_primeras\\_maquinas\\_y\\_sus\\_mantenimientos](https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/breve-historia-mantenimiento-industrial/#Las_primeras_maquinas_y_sus_mantenimientos)

## 8. ANEXOS

### 8.1. Diagrama del sistema de circulación del lubricante – refrigerante.

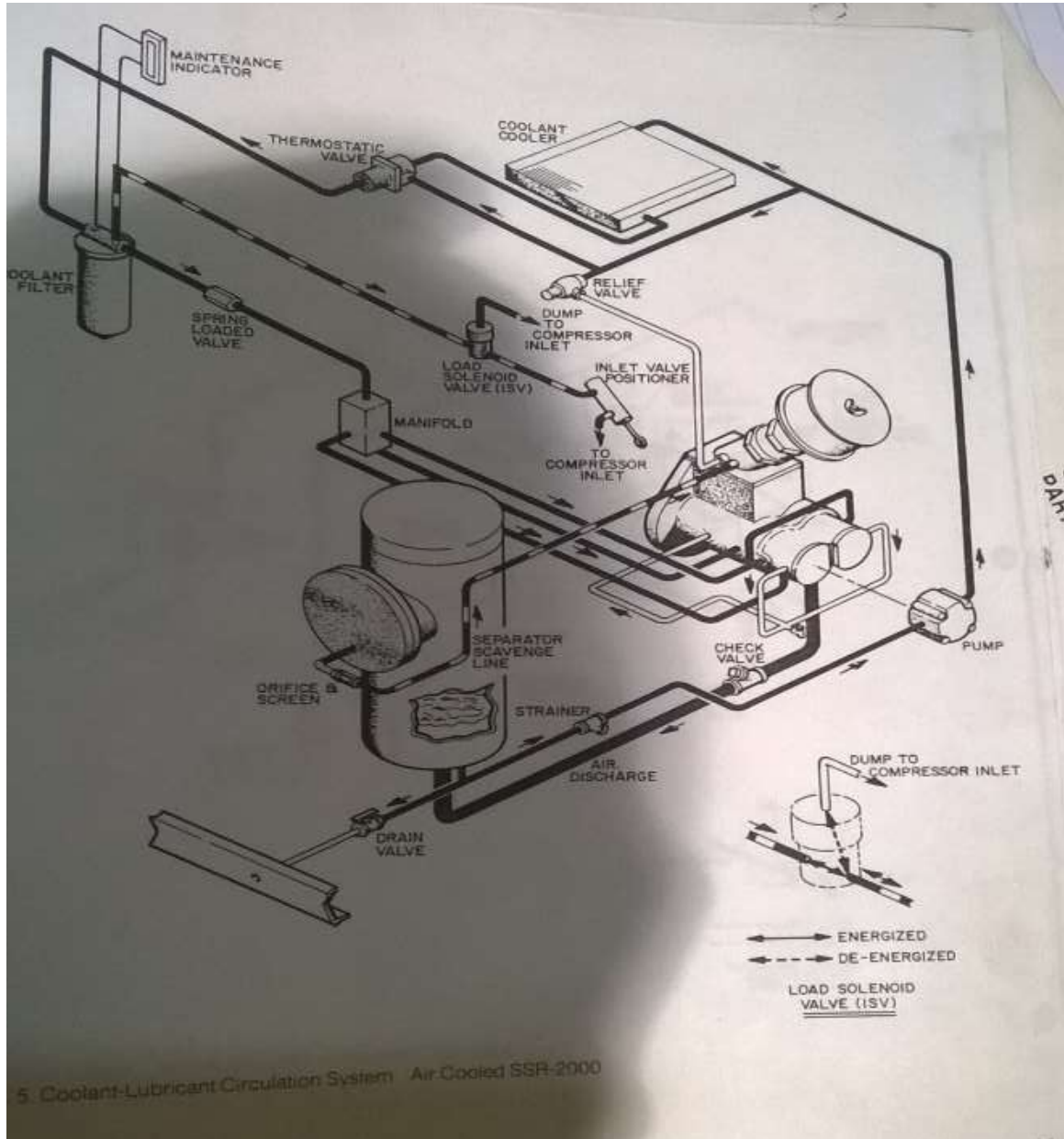


Figura 34: Diagrama de circulación. Por Ingersoll Rand (2010)

**8.2. Desmontaje de la parte lateral del tornillo del compresor.**



*Figura 35: Parte lateral del compresor. Fuente propia (2018)*

**8.3. Juntas mecánicas para la tapa lateral del compresor.**



*Figura 36: Juntas mecánicas. Fuente propia (2018)*

#### 8.4. Elementos del sistema hidráulico desmontados.



Figura 37: Elementos hidráulicos. Fuente propia (2018)

#### 8.5. Limpieza de mangueras y válvulas hidráulicas.



Figura 38: Limpieza de mangueras y válvulas hidráulicas. Fuente propia (2018)

### 8.6. Partes de la válvula check.



*Figura 39: Válvula check. Fuente propia (2018)*

### 8.7. Montaje interno de la válvula check



*Figura 40: Válvula check. Fuente propia (2018)*

**8.8. Instalación de manguera hidráulica en el tanque separador.**



*Figura 41: Manguera hidráulica. Fuente propia (2018)*

**8.9. Válvulas hidráulicas limpias e instaladas.**



*Figura 42: Válvulas hidráulicas. Fuente propia (2018)*

### 8.10. Introducción del aceite hidráulico ISO 68 en el sistema hidráulico.



*Figura 43: Conjunto compresor. Fuente propia (2018)*

### 8.11. Capa nueva de pintura en la unidad de compresor.



*Figura 44: Conjunto compresor pintado. Fuente propia (2018)*

### 8.12. Instalación del gabinete en el compresor.



*Figura 45: Conjunto compresor finalizado. Fuente propia (2018)*