

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL EQUIPO DE  
OLEOHIDRÁULICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
MECÁNICA**

PRESENTADO POR:

**RENÉ ALFONSO GALDÁMEZ LEÓN  
OSCAR MIGUEL LARA ZELAYA  
LUIS MARIO MELGAR MARADIAGA  
GLORIA STEPHANI PORTILLO RAMOS**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO 2025

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA**

**SECRETARIA GENERAL :**

**Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**M.Sc. e Ing. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA**

**SECRETARIO :**

**Arq. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DIRECTOR :**

**M.Sc. e Ing. GUSTAVO SALOMÓN TORRES RÍOS LAZO**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Título :

**DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DEL EQUIPO DE  
OLEOHIDRÁULICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
MECÁNICA**

Presentado por :

**RENÉ ALFONSO GALDÁMEZ LEÓN  
OSCAR MIGUEL LARA ZELAYA  
LUIS MARIO MELGAR MARADIAGA  
GLORIA STEPHANI PORTILLO RAMOS**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

M.Sc. e Ing. MIGUEL TOMÁS AMAYA GÓMEZ

San Salvador, junio 2025

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**M.Sc. e Ing. MIGUEL TOMÁS AMAYA GÓMEZ**

Tribunal Evaluador:

F. \_\_\_\_\_

**M.Sc. e Ing. Miguel Tomás Amaya Gómez**

F. \_\_\_\_\_

**Ing. José Francisco Zuleta Morataya**

F. \_\_\_\_\_

**Ing. Julio Cesar Moreno Fórtiz**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de graduación está dedicado a:

A mi mamá Carmen Ramos, quien fue la persona encargada de velar por mi educación aun a la distancia nunca dejo de estar presente en cada etapa de mi vida, hasta el día de hoy me motiva y se enorgullece por verme culminar una de las etapas más importantes de mi vida.

A mis hermanas, Liliana, Katherine y Dayana, que me dieron su apoyo, amor y motivación incondicional en cada día donde las noches de estudio se alargaban o el cansancio era mucho siempre me recibieron con atención y un plato de comida alentándome a seguir.

A mi hermano, Gloria y Griselda, tres personas que fueron un pilar en mi educación y vida; me enseñaron a esforzarme cada día pese a cualquier dificultad, hasta este día esperan con ansias y orgullo mi culminación de educación superior.

A mi abuela que con mucho amor y comprensión estuvo presente en gran parte de mi infancia y me enseñó la nobleza y perseverancia.

A mis padrinos que en paz descansen, me mostraron que el respeto y la lealtad son la base para crecer en la vida.

***Stephani Portillo***

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de graduación está dedicado a:

A mi mamá Celia del Carmen, a quien además de deberle la vida le debo toda una vida de amor y apoyo incondicional. Cada proyecto y sueño que he tenido lo ha vivido como si fueran suyos.

A mi papá Mario René, a quién le debo el gusto por la ciencia y las artes y quien es una de las principales razones por las cuales elegí estudiar esta carrera, ya que además de compartir el gusto por el conocimiento junto a mi madre les voy a deber esta vida y otra más para agradecerles el esfuerzo que han hecho para que esto sea posible.

A mis hermanos Aarón y Yuliana, a quienes los amo y me hacen querer superarme cada día para ser un hermano en quien puedan conseguir apoyo y cariño siempre que lo busquen.

A mis mejores amigos, Raúl, José Luis y Alejandro, quienes me han brindado apoyo y me han acompañado en muchas etapas de este camino.

A mi abuela Adela Melgar, quien siempre me dijo que uno de sus grandes sueños es verme graduado de la universidad.

***Luis Melgar***

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de graduación está dedicado a:

Mi abuelo Miguel Ángel Díaz, quien fue la primera persona en reconocer en mí el don de la inteligencia. Él plantó en mí la confianza de que podía lograr todo lo que me propusiera. Siempre con admiración y una sonrisa en el rostro, afirmaba que era muy brillante, sin señalar mis carencias ni poner condiciones. Creía en mí plenamente, y gracias a esa fe que depositó en mí, pude mantenerme firme en mi formación académica, incluso en los momentos más difíciles. Por todas las enseñanzas que me brindó y por haber creído en mí, le dedico este trabajo de graduación, abuelo Miguel, que sé que me ves desde el cielo.

Mi tía Berta Díaz, quien siempre me apoyó económicamente y me brindó sus consejos. A través de sus vivencias, me dio el ejemplo de cómo salir adelante ante la adversidad, siempre con una actitud positiva frente a los problemas. Fue una persona que enfrentó muchas dificultades, pero que, con la frente en alto, logró cumplir todas sus metas. Por sus enseñanzas de vida y por la generosidad que tuvo conmigo, le dedico este trabajo de graduación. Que Dios la tenga en su santa gloria.

***Oscar Lara***

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de graduación está dedicado a:

A mi padre, Lucio Galdámez, guía incansable cuyas enseñanzas, consejos y serenidad han sembrado en mí la base del éxito alcanzado y por alcanzar. Por su apoyo incondicional, incluso en tiempos difíciles, y por su estoicismo que me impulsó a seguir adelante. Esta tesis es por él, por su amor, su confianza y por creer en mí, incluso cuando yo aún no lo hacía.

A mi madre, Mirna León, cuyo respaldo constante, apoyo indiscutible y fe inquebrantable han sido fundamentales para mi crecimiento personal y para la culminación de esta etapa tan importante. Su generosidad y amor incondicional han hecho posible cada logro.

A mi hermana, Adela Galdámez, por estar siempre presente, guiándome con sus palabras y acciones. Su apoyo ha sido un faro en mi camino, y sin ella, la vida habría sido mucho más difícil. Ha sido, sin duda, un ángel que ha estado ahí cada vez que la he necesitado.

***Alfonso Galdámez***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por brindarme sabiduría y entendimiento a lo largo de mi formación profesional y quien es él que me permite la vida.

A mi familia por el apoyo, la fuerza, el amor y motivación que brindaron hacia a mí en todo el proceso de educación.

A mis amigos que hice durante la carrera que siempre estuvieron ahí, con un consejo, ayuda y con quienes compartí alegrías y tristezas en el pasar de los días, son uno de los principales motores para lograr este paso.

A mi mejor amiga, quien, a pesar de no coincidir en la educación superior, siempre me brindo su apoyo y mano amiga para animarme a seguir.

Por ultimo y no menos importante, le agradezco a cada docente y catedrático que sumo en mi formación con conocimiento y consejos personales como educativos para llegar a culminar mi carrera y poder ejercerla en el campo laboral.

***Stephani Portillo***

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, Celia, Mario, Aarón y Yuliana, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Su comprensión, paciencia y motivación constante fueron fundamentales para mantenerme enfocado y no rendirme ante las dificultades.

A mis compañeros de tesis, por el compromiso, el trabajo en equipo y la disposición que demostraron en cada etapa del proyecto. Compartir este reto con ustedes ha sido una experiencia enriquecedora y de gran aprendizaje.

También agradezco a mis amistades más cercanas, por sus palabras de ánimo y por entender cuando debía priorizar este objetivo. Su apoyo fue clave poder seguir adelante en las situaciones difíciles.

Finalmente, gracias a Dios por darme la salud, la perseverancia y la claridad para culminar esta etapa tan importante.

***Luis Melgar***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente a mis padres, Oscar Benito Lara y Silvia Zelaya, quienes siempre han estado a mi lado para apoyarme en cada etapa de mi formación académica y por inculcarme valores que me han convertido en una persona de bien.

A mi hermana Roxana Lara, por ser un ejemplo en el ámbito académico, por enseñarme a esforzarme siempre, por su apoyo constante y por cuidar de mí en los momentos en que nuestros padres no podían estar cerca.

A mis tíos y primos, quienes me brindaron su ayuda, acompañamiento y asesoría. El entorno familiar que me proporcionaron fue fundamental para mi desarrollo académico y personal.

Agradezco también a mis compañeros de estudio, con quienes compartí este camino. Aunque no fue fácil, siempre existió entre nosotros la disposición de apoyarnos mutuamente y de superar cada reto que se nos presentó.

A los docentes, por impartir sus clases con profesionalismo, entrega y una actitud positiva. Gracias por compartir sus conocimientos y por fomentar en nosotros el pensamiento crítico.

***Oscar Lara***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios y a la vida por la sabiduría, fortaleza y enseñanzas que me han brindado a lo largo de la carrera, lo cual ha sido fundamental para poder culminar este sueño llamado: ser ingeniero mecánico.

A mi familia, por crecer en mí y apoyarme incondicionalmente; guiándome, cuidándome y aconsejándome para poder sembrar la persona que soy hoy en día. Impregnado en mi persona valores sólidos y fundamentales de vida.

A mis amigos más cercanos, Samuel Romero y René Arriaza por hacer que la vida sea más colorida cuando el gris era una constante en los días más ásperos.

A todos los amigos y colegas que la universidad me ha dado; esas amistades que siguen el sueño de poder coronar con su carrera y que siguen luchando por seguir adelante; ellos han sido de lo más bonito que la universidad me ha dado y estoy bendecido por eso.

A los docentes que, con sus enseñanzas, sus criterios profesionales y carisma han formado en mi un profesional crítico y respetuoso. También, agradecimientos especiales al docente asesor Ing. Tomás Amaya por sus enseñanzas y paciencia para poder culminar este trabajo de graduación que ha sido de gran aprendizaje en mi camino como profesional.

***Alfonso Galdámez***

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación tuvo como objetivo principal la reparación del equipo de oleohidráulica de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador. El proceso inició con un diagnóstico técnico basado en inspecciones visuales, pruebas de funcionamiento y medición de parámetros operativos de los principales componentes del sistema.

Uno de los elementos más significativos del proyecto fue la intervención del motor eléctrico, el cual presentaba múltiples fallas y requirió un proceso de rebobinado para restablecer su operatividad. Se realizó el reemplazo de válvulas en mal estado, fundamentales para el control de la presión y dirección del fluido. Además, se desmontó, limpió y verificó la electroválvula 4/3 con centro tándem, eliminando una fuga de aceite que comprometía su funcionamiento.

El proyecto incluyó también la documentación detallada de la puesta en marcha del sistema, tras integrar los componentes restaurados. Finalmente, se identificaron elementos complementarios necesarios para su óptima operación y se establecieron recomendaciones para el mantenimiento preventivo del equipo.

Este trabajo no solo permitió restituir el funcionamiento del banco oleohidráulico, sino que también generó una base técnica útil para futuras prácticas de laboratorio y procesos de mantenimiento.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	2
1.1. Introducción a la hidráulica .....	2
1.2. Componentes fundamentales de un circuito oleohidráulico .....	7
1.2.1. Motor eléctrico .....	8
1.2.2. Bombas hidráulicas.....	20
1.2.3. Válvulas hidráulicas .....	30
1.2.4. Electroválvulas.....	38
1.2.5. Tanque de aceite .....	41
1.2.6. Aceite hidráulico.....	42
1.2.7. Mangueras hidráulicas .....	44
1.2.8. Cilindros hidráulicos .....	46
1.2.9. Fuentes de corriente directa .....	48
1.3. Descripción del equipo de oleohidráulica .....	51
1.3.1. Unidad de poder .....	52
1.3.2. Módulo de control de presión.....	59
1.3.3. Módulo de control de flujo y válvulas antirretorno .....	60
1.3.4. Módulo de actuadores.....	62
1.3.5. Módulo de control direccional .....	64

1.3.6.	Mangueras hidráulicas .....	66
1.3.7.	Accesorios de interconexión .....	68
1.3.8.	Manómetros .....	69
1.3.9.	Estructura metálica del equipo .....	70
1.3.10.	Fuente de corriente directa .....	71
1.4.	Simbología hidráulica .....	71
1.5.	Generalidades del diagnóstico .....	78
1.5.1.	Técnicas del diagnóstico en el mantenimiento.....	79
1.5.2.	Etapas del diagnóstico en un equipo de oleohidráulica .....	81
1.6.	Detección de fallas en componentes fundamentales de equipos oleohidráulicos.....	84
1.6.1.	Equipo de seguridad para realizar pruebas de diagnostico .....	85
1.6.2.	Detección de fallas en motores eléctricos.....	87
1.6.3.	Detección de fallas en bombas hidráulicas .....	91
1.6.4.	Detección de fallas en válvulas hidráulicas.....	93
1.6.5.	Detección de fallas en tanques de aceite hidráulico .....	97
1.6.6.	Detección de fallas en cilindros de doble efecto .....	102
1.6.7.	Detección de fallas en electroválvulas .....	103
1.6.8.	Detección de fallas en mangueras hidráulicas.....	105
1.6.9.	Detección de fallas en fuente de corriente directa .....	106

2. DIÁGNOSTICO DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA.....	110
2.1. Diagnóstico del motor eléctrico.....	111
2.1.1. Inspección visual.....	111
2.1.2. Verificación del estado.....	114
2.1.3. Resultado del diagnóstico.....	116
2.2. Diagnóstico de bomba hidráulica.....	119
2.2.1. Inspección visual.....	119
2.2.2. Verificación del estado.....	121
2.2.3. Resultado del diagnóstico.....	122
2.3. Diagnóstico del tanque aceite hidráulico.....	125
2.3.1. Inspección visual.....	125
2.3.2. Verificación del estado.....	129
2.3.3. Resultados del diagnóstico.....	131
2.4. Diagnóstico del filtro de aceite hidráulico.....	132
2.4.1. Inspección visual.....	132
2.4.2. Resultados del diagnóstico.....	135
2.5. Diagnóstico de la estructura metálica del equipo.....	137
2.5.1. Inspección visual.....	137
2.5.2. Verificación del estado.....	138
2.5.3. Resultados del diagnóstico.....	139

2.6. Diagnóstico de las válvulas de control de presión .....	140
2.6.1. Inspección visual.....	140
2.6.2. verificación del estado.....	143
2.6.3. Resultados del diagnóstico .....	144
2.7. Diagnóstico de la válvula de control de flujo.....	146
2.7.1. Inspección visual.....	146
2.7.2. Verificación del estado .....	147
2.7.3. Resultados del diagnóstico .....	148
2.8. Diagnóstico de las válvulas antirretorno .....	149
2.8.1. Inspección visual.....	149
2.8.2. Verificación del estado .....	151
2.8.3. Resultados del diagnóstico .....	151
2.9. Diagnóstico de cilindros hidráulicos de doble efecto .....	153
2.9.1. Inspección visual.....	153
2.9.2. Resultados del diagnóstico .....	154
2.10. Diagnóstico de cilindros de la electroválvula 4/3 con centro tándem	155
2.10.1. Inspección visual.....	155
2.10.2. Verificación del estado .....	157
2.10.3. Resultados del diagnóstico .....	159
2.11. Diagnóstico de fuente de corriente directa .....	160

2.11.1. Inspección visual.....	160
2.11.2. Verificación del estado .....	162
2.11.3. Resultados del diagnóstico .....	163
2.12. Diagnóstico de mangueras hidráulicas.....	164
2.12.1. Inspección visual.....	164
2.12.2. Resultados del diagnóstico .....	166
2.13. Diagnóstico de la placa de conexión para válvula direccional .....	167
2.13.1. Inspección visual.....	167
2.13.2. Resultados del diagnóstico .....	169
2.14. Diagnóstico de los bloques manifold .....	171
2.14.1. Inspección visual.....	171
2.14.2. Resultados del diagnóstico .....	173
2.15. Diagnóstico de accesorios de interconexión.....	174
2.15.1. Inspección visual.....	174
2.15.2. Resultados del diagnóstico .....	176
2.16. Diagnóstico de manómetros .....	177
2.16.1. Inspección visual.....	177
2.16.2. Resultados del diagnóstico de manómetros .....	179
2.16.3. Cuadro resumen de los componentes a rehabilitar.....	179
2.16.4. Componentes complementarios .....	180

3. REHABILITACIÓN DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA .....	183
3.1. Restauración de componentes .....	183
3.1.1. Motor eléctrico .....	183
3.1.2. Tanque de aceite hidráulico .....	202
3.1.3. Estructura metálica .....	206
3.1.4. Fuente de corriente directa .....	208
3.1.5. Mangueras hidráulicas .....	210
3.2. Cambio de componentes .....	213
3.2.1. Válvulas de control de presión .....	213
3.2.2. Manómetros .....	214
3.3. Selección del acople motor-bomba .....	216
3.3.1. Acoples de transmisión de potencia .....	216
3.3.2. Investigación y selección del acople motor-bomba .....	223
3.4. Puesta en marcha de componentes .....	231
3.4.1. Motor eléctrico .....	231
3.4.2. Bomba hidráulica .....	234
3.4.1. Tanque de aceite hidráulico .....	239
3.4.2. Válvulas de control de presión .....	240
3.4.3. Electroválvula .....	243
3.4.4. Fuente de corriente directa .....	245

3.4.5. Mangueras hidráulicas .....	246
3.4.6. Manómetros .....	247
4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA	
248	
5. COSTOS DE REHABILITACIÓN DEL EQUIPO DE OLEHIDRAÚLICA ...	269
6. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO .....	272
CONCLUSIONES .....	282
RECOMENDACIONES .....	284
BIBLIOGRAFÍA.....	286
ANEXOS .....	292

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de placa del motor.....	10
Tabla 2. Normas de materiales y sistemas aislantes (WEG, s. f.) .....	12
Tabla 3. Clases térmicas (WEG, s. f.).....	13
Tabla 4. Guarismo 1 (WEG, s. f.).....	14
Tabla 5. Guarismo 2 (WEG, s. f.).....	14
Tabla 6. Grado de protección del motor (WEG, s. f.).....	15
Tabla 7. Tabla de características de las bombas rotoestáticas .....	26
Tabla 8. Ventajas y desventajas de las bombas rotoestáticas .....	27
Tabla 9. Tabla comparativa de parámetros de bombas rotoestáticas .....	29
Tabla 10. Comparativa de los principales centros en las válvulas (Hydraulics, M., 2024) .....	39
Tabla 11. Tipos de cilindros hidráulicos.....	46
Tabla 12. Inventario de material para elaboración del tanque (Sarmiento, 2016) .....	57
Tabla 13. Accesorios de interconexión del equipo oleohidráulico (Sarmiento, 2016) .....	68
Tabla 14. Simbología hidráulica general (Fuente: Roca Ravell, F, 1997).....	72
Tabla 15. Simbología de conexiones hidráulicas (Roca Ravell, F, 1997) .....	73
Tabla 16. Simbología de bombas hidráulicas (Roca Ravell, F, 1997) .....	74
Tabla 17. Simbología de actuadores hidráulicos (Roca Ravell, F, 1997) .....	75
Tabla 18. Simbología de válvulas direccionales (Roca Ravell, F, 1997) .....	75

Tabla 19. Simbologías de accionamientos hidráulicos (Roca Ravell, F, 1997)	76
Tabla 20. Simbología de válvulas de bloqueo, flujo y presión (Fuente: Roca Ravell, F, 1997)	77
Tabla 21. Procedimientos de inspección visual en tanques de aceite hidráulico	98
Tabla 22. Ensayos no destructivos	99
Tabla 23. Posibles fallas o condiciones inadecuadas en mangueras hidráulicas	106
Tabla 24. Tabla resumen de resultados de medición	117
Tabla 25. Resumen del diagnóstico de los componentes del equipo de oleohidráulica	180
Tabla 26. Tabla resumen de características del motor	192
Tabla 27. Conexión de líneas bobinado	197
Tabla 28. Tabla resumen de selección protección de motor	200
Tabla 29. Factores de servicio (“Falk Wrapflex Elastomeric Couplings,” 2014)	228
Tabla 30. potencias equivalentes (“Falk Wrapflex Elastomeric Couplings,” 2014)	229
Tabla 31. selección de acople por potencia y rpm (“Falk Wrapflex Elastomeric Couplings,” 2014)	229
Tabla 32. Capacidad necesaria del acople y capacidad del acople 5R	230
Tabla 33. Resumen de observaciones en puesta en marcha	233

Tabla 34. Resultados de la prueba de válvulas de presión y caudal .....	254
Tabla 35. Resultados de la variación de tiempo por color en la válvula de flujo .....	260
Tabla 36. Tiempo promedio en la extracción y retracción de los vástagos.	263
<i>Tabla 37. Tiempos de extensión y retracción cilindro 1 (alimentador) .....</i>	<i>268</i>
<i>Tabla 38. Tiempos de extensión y retracción del cilindro 2 (estampador) ..</i>	<i>268</i>
Tabla 39. Costos de componentes esenciales .....	271
Tabla 40. Costos de elementos auxiliares .....	271
Tabla 41. Costos de insumos utilizados .....	272
Tabla 42. Costo total de rehabilitación del equipo de oleohidráulica .....	272
Tabla 43. Datos técnicos de los componentes del equipo .....	296
Tabla 44. características de válvulas hidráulicas.....	302
Tabla 45. Tiempos de extensión y retracción cilindro 1 (alimentador) GL6	335
Tabla 46. Tiempos de extensión y retracción del cilindro 2 (estampador) GL6 .....	335
Tabla 47. Análisis de modos y efectos de falla de los componentes de la unidad de poder .....	337
Tabla 48. Análisis de modos y efectos de falla de los componentes de los módulos del equipo.....	342
Tabla 49. Análisis de modos y efectos de falla de los accesorios hidráulicos .....	345
Tabla 50. Análisis de modos y efectos de falla del resto del equipo.....	347
Tabla 51. Checklist de inspección de la bomba hidráulica .....	349

Tabla 52. Checklist de inspección del motor eléctrico .....	350
Tabla 53. Checklist Medición de parámetros motor eléctrico .....	351
Tabla 54. Checklist medición de parámetros motor eléctrico .....	352
Tabla 55. Checklist de inspección del tanque de aceite hidráulico .....	353
Tabla 56. Checklist de Inspección del filtro de aceite hidráulico .....	354
Tabla 57. Checklist de inspección de la estructura metálica .....	355
Tabla 58. Checklist de inspección de válvulas de control de presión RV3-10 .....	356
Tabla 59. Checklist inspección de válvulas de alivio RV2-10 .....	357
Tabla 60. Checklist inspección de válvulas de control de flujo .....	358
Tabla 61. Checklist inspección de válvulas antirretorno .....	359
Tabla 62. Checklist inspección de cilindros hidráulicos de doble efecto.....	360
Tabla 63. Checklist inspección de electroválvula 4/3 con centro tándem ...	361
Tabla 64. Checklist inspección de fuente de corriente directa .....	362
Tabla 65. Checklist inspección de las mangueras hidráulicas .....	363
Tabla 66. Checklist inspección de placa de conexión para válvula direccional .....	364
Tabla 67. Checklist inspección de bloque manifold .....	365
Tabla 68. Checklist inspección de accesorios de interconexión .....	366
Tabla 69. Checklist inspección de manómetros.....	367
Tabla 70. Tabla de insumos o repuestos anuales para el equipo de oleohidráulica.....	368

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transferencia directa de fuerza (Netto & Fernández, s. f.).....	2
Figura 2. Multiplicación de fuerza (Netto & Fernández, s. f.).....	3
Figura 3. Circuito hidráulico básico (Netto & Fernández, s. f.).....	4
Figura 4. Tipos de motores eléctricos.....	8
Figura 5. Tipos de motores asíncronos .....	9
Figura 6. Placa ejemplo de motor eléctrico WEG (Roydisa, 2019).....	10
Figura 7. Estator y rotor de motor eléctrico (McGraw Hill España, s. f.) .....	16
Figura 8. Componentes de motor asíncrono (McGraw Hill España, s. f.).....	16
Figura 9. Bobinado en forma de jaula de ardilla (MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA - PDF, s. f.).....	18
Figura 10. Motor de rotor en cortocircuito (MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA - PDF, s. f.).....	19
Figura 11. Bomba centrífuga (Roca Ravell, F, 1997).....	21
Figura 12. Bomba manual (Roca Ravell, F, 1997).....	23
Figura 13. Tipos de válvulas de control .....	31
Figura 14. Válvula de alivio de presión simple (Engineering Essentials: Pressure-Control Valves, 2012).....	32
Figura 15. Válvula de alivio operada por piloto (Engineering Essentials: Pressure-Control Valves, 2012).....	34
Figura 16. Válvula reductora de presión (Engineering Essentials: Pressure- Control Valves, 2012) .....	35

Figura 17. Válvulas de control de flujo de orificio simple y variable (Solorzano, 2017c).....	36
Figura 18. Válvula de flujo compensada y derivativa (Romero. Carlos, s. f.-c) .....	37
Figura 19. Válvula antirretorno («Qué Es una Válvula Check», s. f.).....	38
Figura 20. Símbolo de una electroválvula 4/3 con centro tándem (Sistemas, s. f.).....	38
Figura 21. Ilustración de un tanque de aceite (Sarmiento, 2016) .....	42
Figura 22. Características principales de los aceites hidráulicos.....	44
Figura 23. Estructura de manguera hidráulica (Michael, 2023b) .....	45
Figura 24. Fuente DC lineal (Moreno, E.).....	50
Figura 25. Fuente DC conmutada (Moreno, E.).....	51
Figura 26. Equipo para realizar prácticas de oleohidráulica (Sarmiento, 2016) .....	52
Figura 27. Motor eléctrico trifásico 1.5 hp (Motor Para Ventiladores,1-1/2 hp,1140rpm, s. f.-c).....	53
Figura 28. Bomba hidráulica EATON 26005 RZE (Hanson Inc., s. f.) .....	54
Figura 29. Simbología de la válvula RV2-10-S («Hydraulic Screw-in Cartridge Valves», 2018).....	55
Figura 30. Tanque de aceite del equipo oleohidráulico .....	56
Figura 31. Dimensiones del tanque de aceite en centímetros (Sarmiento, 2016) .....	56
Figura 32. Propiedades de aceite Mobil Nuto H 32 .....	58

Figura 33. Filtro STAUFF 068-N16F-140 (SUS-068-N16-140-125-A-O   STAUFF, s. f.).....	59
Figura 34. Válvula de control de presión RV3-10-S («Hydraulic Screw-in Cartridge Valves», 2018).....	59
Figura 35. Carcasa para válvulas de cartucho EATON Vickers ((REM-B HYDRAULICS, 2023) .....	60
Figura 36. Válvula de control de caudal EF20S («Flow Control», 2016) .....	61
Figura 37. Válvula check EC20S («EC20S   Deltrol Fluid Products», s. f.)...	62
Figura 38. Cilindro hidráulico de doble efecto (1x6x0.5 Double Acting Hydraulic Cylinder, s. f.).....	63
Figura 39. Electroválvula EATON DG4V-3S-8C-VM-U-H5-61.....	65
Figura 40. Placa de conexión DAMAN AD03SPS4P (AD03SPS4P - Daman Products, s. f.).....	66
Figura 41. Mangueras hidráulicas del equipo de oleohidráulica .....	68
Figura 42. Manómetro del equipo de oleohidráulica .....	70
Figura 43. Estructura del equipo de oleohidráulica (Sarmiento, 2016) .....	70
Figura 44. Fuente DC TPS-2405 (VELASCO STORE, s. f.).....	71
Figura 45. Equipo de protección personal .....	87
Figura 46. Desviación radial o paralela (Desalineación del Eje y Su Contribución A Fallas Mecánicas, 2023) .....	87
Figura 47. Descargas parciales (DP's) (Velazquez, 2018).....	90
Figura 48. Procedimiento para seguir en un ensayo de líquidos penetrantes .....	100

Figura 49. Kit para prueba de acidez (FrioAire - Aire Acondicionado y Refrigeración, s. f.) .....	102
Figura 50. Motor trifásico MARATHON ELECTRIC 1.5 hp 6 Polos .....	111
Figura 51. Placa de datos técnicos, motor trifásico .....	112
Figura 52. Marcación de motor eléctrico.....	112
Figura 53. Carcasa frontal motor trifásico .....	113
Figura 54. Carcasa trasera motor trifásico.....	113
Figura 55. Rotor, estator y conexiones eléctricas.....	114
Figura 56. Identificación de resistencias.....	115
Figura 57. Medición de resistencias .....	115
Figura 58. Medición respecto a tierra .....	115
Figura 59. Evidencia eje desgastado.....	116
Figura 60. Deformación de alas del ventilador.....	117
Figura 61. Bobinado motor trifásico .....	117
Figura 62. Desmontaje y desconexión de la bomba hidráulica.....	119
Figura 63. Inspección externa de la bomba.....	120
Figura 64. Limpieza exterior de la bomba.....	120
Figura 65. Inspección de tornillos, sujetadores, acoplamientos, sellos y eje .....	121
Figura 66. Abolladuras en la carcasa frontal de la bomba hidráulica.....	123
Figura 67. Microfugas presentes en el retenedor del eje .....	124
Figura 68. Medición del nivel de aceite con la bayoneta .....	126
Figura 69. Tanque de aceite sin la tapadera .....	126

Figura 70. Inspección de fugas de aceite en el tanque de aceite hidráulico	127
Figura 71. Análisis de la consistencia del aceite.....	127
Figura 72. Trasiego y filtrado de aceite hidráulico .....	128
Figura 73. Inspección de las placas separadoras del tanque de aceite hidráulico .....	128
Figura 74. Inspección de soldaduras en el tanque de aceite hidráulico.....	129
Figura 75. Verificación de la estructura del tanque de aceite hidráulico .....	129
Figura 76. Prueba de acidez en 2 segundos .....	130
Figura 77. Muestra de aceite a utilizar .....	130
Figura 78. Prueba de acidez.....	130
Figura 79. Resultado de prueba de acidez .....	131
Figura 80. Desmontaje y desconexión del filtro de aceite.....	133
Figura 81. Limpieza exterior del filtro de aceite .....	133
Figura 82. Inspección visual del interior del filtro de aceite.....	134
Figura 83. Inspección de conexiones roscadas, sellos y juntas .....	134
Figura 84. Abolladura en la carcasa externa del filtro de aceite .....	135
Figura 85. Adhesivo expuesto en la parte interior y exterior del filtro de aceite .....	136
Figura 86. Acumulación de sedimentos contaminantes en la parte inferior del filtro de aceite .....	137
Figura 87. Estructura base del equipo .....	138
Figura 88. Inspección estructura base interna, soldadura y manifolds .....	138

Figura 89. Funcionamiento de partes móviles, ruedas, gavetas y cerraduras .....	139
Figura 90. Cerraduras en mal estado y ruedas con resequedad .....	140
Figura 91. Válvulas de control de presión.....	141
Figura 92. Revisión de componentes externos.....	141
Figura 93. Desacople de las válvulas y revisión de uniones.....	142
Figura 94. Obturador y resorte de la válvula piloto de la válvula RV2-10 ...	142
Figura 95 . Revisión de componentes internos de las válvulas RV3-10 .....	143
Figura 96. Recorrido de las válvulas RV3-10 Y de la RV2-10 .....	144
Figura 97. Fresado hexagonal del tornillo de ajuste de las válvulas RV3-10 .....	145
Figura 98. Pasión inferior de la válvula RV2-10 y de la válvula RV3-10 .....	145
Figura 99. Inspección visual de la válvula de control de flujo .....	146
Figura 100. Inspección de conexiones roscadas .....	147
Figura 101. Inspección de partes móviles aguja y obturador.....	147
Figura 102. Revisión del funcionamiento de perilla y aguja .....	148
Figura 103. Revisión del funcionamiento del sistema antirretorno .....	148
Figura 104. Estado inicial de las válvulas antirretorno.....	150
Figura 105. Válvula antirretorno sin acoples.....	150
Figura 106. Estado interno de la válvula: roscas y obturador .....	151
Figura 107. Revisión del funcionamiento del resorte .....	151
Figura 108. Módulo de actuadores .....	153
Figura 109. Módulo de control direccional del equipo de oleohidráulica.....	156

Figura 110. Inspección de la carcasa de la electroválvula.....	156
Figura 111. Revisión de las conexiones de la electroválvula.....	156
Figura 112. Inspección de los terminales eléctricos .....	157
Figura 113. Electroválvula conectada a la fuente de alimentación .....	157
Figura 114. Verificación del voltaje recibido por la electroválvula .....	158
Figura 115. Se desconecta la fuente de poder de la electroválvula.....	158
Figura 116. Terminal derecho de la electroválvula conectada a la fuente de poder .....	158
Figura 117. Izquierda: vástago sin accionar. Derecha: vástago accionado	159
Figura 118. Revisión de carcasa de la fuente.....	161
Figura 119. Inspección de conexiones, cableado e interruptores .....	161
Figura 120. Medición del voltaje de salida sin carga .....	162
Figura 121. Medición del voltaje de salida con el equipo conectado .....	163
Figura 122. Inspección visual general de manguera hidráulicas .....	165
Figura 123. Inspección de conexiones .....	165
Figura 124. Prueba de rigidez de las mangueras hidráulicas .....	166
Figura 125. Desmontaje y desconexión de la placa base.....	168
Figura 126. Limpieza exterior e interior de la placa base .....	168
Figura 127. Estado final de la placa base luego de realizar la inspección visual .....	169
Figura 128. Acumulación de aceite hidráulico en el interior y exterior de la placa base.....	170
Figura 129. Rayones superficiales en la parte externa de la placa base....	170

Figura 130. Desmontaje y desconexión de los bloques manifold .....	171
Figura 131. Limpieza exterior e interior de los bloques manifold .....	172
Figura 132. Verificación del estado de las rocas y áreas de conexión .....	172
Figura 133. Rayones superficiales en el bloque manifold dos .....	174
Figura 134. Desgaste de rosca interna del bloque manifold uno .....	174
Figura 135. Desmontaje y desconexión de los accesorios de interconexión .....	175
Figura 136. Estado final de los accesorios de interconexión luego de realizar la inspección visual.....	176
Figura 137. Exceso de cinta selladora en accesorios de interconexión.....	177
Figura 138. Inspección de la caratula del manómetro .....	178
Figura 139. Manómetro despresurizado .....	178
Figura 140. Diagrama de bobinado .....	187
Figura 141. Placa de datos técnicos, motor trifásico .....	187
Figura 142. Caja de conexiones .....	188
Figura 143. Marca un punto carcasa frontal .....	188
Figura 144. Marca dos puntos cascara trasera .....	189
Figura 145. Desmontaje de tapas frontal y trasera .....	189
Figura 146. Rotor desacoplado del motor eléctrico .....	189
Figura 147. Diagrama de conexión en forma lineal .....	190
Figura 148. Retiro de hilo acerado de bobinas .....	190
Figura 149. Remoción de bobinas quemadas .....	192
Figura 150. Referencia de moldes para fabricación de bobinado.....	193

Figura 151. Moldes para fabricación de bobinas .....	194
Figura 152. Grupos de bobinas y bobinas .....	194
Figura 153. Montaje de grupo de bobinas .....	195
Figura 154. Estator con bobinado nuevo .....	195
Figura 155. Bobinado con el cableado de las 6 líneas .....	196
Figura 156. Tabla 430.250 para la selección de corriente nominal NEC ....	200
Figura 157. Tabla 310.16 selección de conductor NEC.....	201
Figura 158. Circuito eléctrico para la protección-arranque del motor eléctrico .....	201
Figura 159. Trasiego y filtrado del aceite hidráulico.....	202
Figura 160. Pegamento epóxico utilizado para tapar las fugas del tanque de aceite hidráulico.....	203
Figura 161. Izquierda: Tanque con partículas y suciedad al fondo. Derecha: Tanque después de limpieza.....	203
Figura 162. Aplicación de pegamento epóxico en los cordones de soldadura de las patas del tanque hidráulico .....	204
Figura 163. Pintura anticorrosiva azul brillante industrial.....	204
Figura 164. Pintado del tanque de aceite hidráulico .....	205
Figura 165. Cambio de empaques del tanque de aceite hidráulico .....	205
Figura 166. Taladrado de los agujeros de sujeción de la bomba al tanque	206
Figura 167. Estado inicial del exterior de la estructura metálica .....	206
Figura 168. Limpieza del interior de la estructura metálica.....	207
Figura 169. Gavetas de la estructura metálica .....	207

Figura 170. Cerraduras nuevas para las gavetas en mal estado .....	208
Figura 171. Instalación de las cerraduras .....	208
Figura 172. Instalación de interruptores en el cableado de salida de la fuente CD .....	209
Figura 173. Reubicación y encintado del cableado de alimentación .....	209
Figura 174. Desmontaje de acoples rápidos NPTF y accesorios de interconexión .....	211
Figura 175. Limpieza de mangueras y conexiones.....	211
Figura 176. Colocación de cinta selladora de teflón .....	212
Figura 177. Conexión de acoples rápidos y mangueras hidráulicas.....	212
Figura 178. Desgaste del hexágono del tornillo de ajuste de las válvulas de control de presión RV2-10 .....	213
Figura 179. Comparación de los hexágonos de las válvulas originales y de las nuevas .....	213
Figura 180. Desinstalación del manómetro ubicado en la estructura metálica .....	214
Figura 181. Desinstalación de manómetro ubicado en un conector en T ...	215
Figura 182. Instalación del manómetro ubicado en la estructura metálica .	216
Figura 183. Instalación de manómetro ubicado en un conector en T .....	216
Figura 184. Acople de brida.....	217
Figura 185. Acople de manguito .....	218
Figura 186. Acople tipo JAW .....	221
Figura 187. Acople tipo JAW de la marca Falk Wrapflex.....	221

Figura 188. Diagrama de fuerzas del acoplamiento eje-cuña (Budynas, Nisbett, & Shigley, 2009) .....	224
Figura 189. Longitud de ranura (Norton, RL (2011). Diseño de máquinas: Un enfoque integrado (4.a). Pr).....	226
Figura 190. Geometría de una ranura (Norton, 2011) .....	226
Figura 191. Dimensiones del acople (“Falk Wrapflex Elastomeric Couplings,” 2014) .....	230
Figura 192. Desalineaciones permitidas (FALK WRAPFLEX TIPO R10. (2014).).....	230
Figura 193. conexión y montaje de protección .....	231
Figura 194. Condiciones para puesta en marcha .....	232
Figura 195. Circuito para realizar pruebas de caudal en la bomba hidráulica .....	235
Figura 196. Recolección de aceite hidráulico para el cálculo de caudal suministrado .....	236
Figura 197. Traslado del aceite hidráulico hacia el tanque .....	239
Figura 198. Tanque de aceite con el motor, la bomba y el acople instalados .....	239
Figura 199. Puesta en marcha del equipo para verificar fugas en el tanque de aceite hidráulico.....	240
Figura 200. Circuitos de válvulas limitadoras de presión.....	240
Figura 201. Presión de trabajo de las válvulas limitadoras de presión .....	241
Figura 202. Circuitos con salida a tanque.....	241

Figura 203. Circuito de bloqueo.....	242
Figura 204. Apertura de la nueva válvula de alivio en circuitos conectados al tanque y de bloqueo .....	243
Figura 205. Circuito para puesta en marcha de la electroválvula .....	243
Figura 206. Fuga de aceite hidráulico en electroválvula.....	244
Figura 207. Desarme y limpieza de componentes de la electroválvula .....	245
Figura 208. Puesta en marcha de la fuente CD.....	246
Figura 209. Puesta en marcha de las mangueras hidráulicas .....	247
Figura 210. Puesta en marcha de los manómetros .....	248
Figura 211. Diagrama hidráulico prueba 1.....	249
Figura 212. Circuito para prueba 1 funcionamiento de la unidad de poder	250
Figura 213. Indicadores del correcto funcionamiento de los componentes	251
Figura 214. Diagrama hidráulico prueba 2.....	252
Figura 215. Circuito de la prueba 2 en para cada válvula limitadora de presión .....	252
Figura 216. Presiones de ajuste de las válvulas limitadoras de presión.....	255
Figura 217. Diagrama hidráulico prueba 3.....	256
Figura 218. Circuito para prueba 3 funcionamiento electroválvula .....	256
Figura 219. Diagrama hidráulico prueba 4.....	258
Figura 220. Circuito de prueba 4 construido.....	259
Figura 221. Diagrama hidráulico prueba 5.....	261
Figura 222. Construcción del circuito hidráulico de prueba 5 .....	262

Figura 223. Extracción y retracción de los vástagos de los cilindros de doble efecto hidráulico.....	263
<i>Figura 224. Diagrama hidráulico prueba 6.....</i>	<i>266</i>
<i>Figura 225. Construcción del circuito hidráulico de prueba 6 .....</i>	<i>266</i>
Figura 226. Ubicación de los componentes de la unidad de poder .....	293
Figura 227. Ubicación de los componentes del tablero oleohidráulico .....	294
Figura 228. Ubicación de los módulos del equipo de oleohidráulica .....	295
Figura 229. fuente de corriente directa y accesorios de interconexión .....	296
Figura 230. Diagrama hidráulico GL1 .....	297
Figura 231. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°1 .....	298
Figura 232. Ubicación de los módulos y componentes a utilizar .....	302
Figura 233. Diagrama hidráulico GL2 .....	303
Figura 234. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°2 .....	304
Figura 235. Ubicación de los módulos del equipo de oleohidráulica .....	309
Figura 236. Diagrama circuito hidráulico GL3.....	310
Figura 237. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°3 .....	311
Figura 238. Ubicación de los módulos del equipo de oleohidráulica .....	316
Figura 239. Diagrama hidráulico GL4 .....	317
Figura 240. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°4 .....	317
Figura 241. Ubicación de los módulos a utilizar en el equipo de oleohidráulica .....	322
Figura 242. Diagrama hidráulico GL5 .....	323
Figura 243. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°5 .....	323

Figura 244. Ubicación de los módulos del equipo de oleohidráulica .....	329
Figura 245. Diagrama hidráulico GL6 .....	330
Figura 246. Construcción del circuito hidráulico GL6.....	330

## LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

$A$ : Área

$cSt$ : Viscosidad cinemática (centistokes)

$CA$ : Corriente alterna

$CD$ : Corriente directa

$D_i$ : Diámetro del estator

$f$ : Frecuencia

$f.s$ : Factor de seguridad

$F$ : Fuerza

$gpm$ : Galones por minuto

$G_n$ : Número de grupo de bobinas

$hp$ : Caballos de fuerza

$k$ : Número de ranuras

$k_1$ : Constante de bobina por ranura

$k_2$ : Constante de conexiones en estrella

$l_{min}$ : Longitud mínima

$L_e$ : Largo del estator

$m_{amp}$ : Espacios de amplitud por grupo

$n$ : Velocidad síncrona del motor

$NPT$ : Rosca de Tubería Nacional (National Pipe Thread)

$NPTF$ : Rosca de Tubería de combustible Nacional (National Pipe Thread Fuel)

$p$ : Pares de polos

$P_{bomba}$ : Potencia de la bomba

$P_{motor}$ : Potencia del motor

$q_n$ : Número de fases

$Q$ : Caudal

$Q_{car}$ : Caudal a plena carga

$Q_{sin}$ : Caudal sin carga

$r$ : Radio

$rpm$ : Revoluciones por minuto

$R_{max}$ : Resistencia máxima

$R_{min}$ : Resistencia mínima

$R_u$ : Resistencia de la primera fase del motor

$R_v$ : Resistencia de la segunda fase del motor

$R_w$ : Resistencia de la tercera fase del motor

$t$ : Tiempo

$t_e$ : Espesor

$t_p$ : Paso polar

$T_{arr}$ : Torque de arranque

$T_n$ : Torque nominal

$U_b$ : Bobinas por grupo

$v_{ext}$ : Velocidad de extensión

$v_{ret}$ : Velocidad de retracción

$V$ : Voltaje

$W$ : Watts

$Y_1$ : Paso de bobinas 1

$Y_2$ : Paso de bobinas 2

$Z_f$ : Número de espiras por fase

$\eta_w$ : Eficiencia volumétrica

$\eta_{M-B}$ : Eficiencia del acople mecánico

$\varphi$ : Flujo magnético

$\omega$ : Velocidad angular

$\Omega$ : Unidad de medida de la resistencia (ohmio)

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas oleohidráulicos son esenciales en la ingeniería mecánica por su capacidad para transmitir energía mediante fluidos a presión, siendo ampliamente utilizados en la industria, maquinaria pesada y entornos educativos. En este contexto, el equipo de oleohidráulica de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de El Salvador constituye una herramienta clave para la formación práctica de los estudiantes, aunque su uso prolongado y desgaste natural han afectado su funcionamiento.

Ante esta situación, este trabajo de graduación tiene como objetivo diagnosticar y reparar el equipo, mediante inspecciones técnicas, pruebas de funcionamiento y la intervención en componentes claves, como el motor eléctrico, válvulas y cilindros. Además, se propuso un plan de mantenimiento preventivo para asegurar su operatividad a largo plazo. Como resultado, se restauró la funcionalidad del sistema y se generó una base técnica útil para futuras prácticas académicas y trabajos de mantenimiento.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Introducción a la hidráulica

La hidráulica se enfoca en el estudio de la presión y el flujo de líquidos, los cuales tienen la capacidad de adaptarse a la forma de sus recipientes al ser vertidos en ellos. Ejemplos comunes de líquidos incluyen el aceite y el agua [26].

Debido a su baja compresibilidad, los líquidos son eficaces para transferir y amplificar fuerzas. La Figura 1 ejemplifica estas propiedades fundamentales de los líquidos, donde la presión ejercida en un pistón se transfiere equitativamente en todas las direcciones. [1]

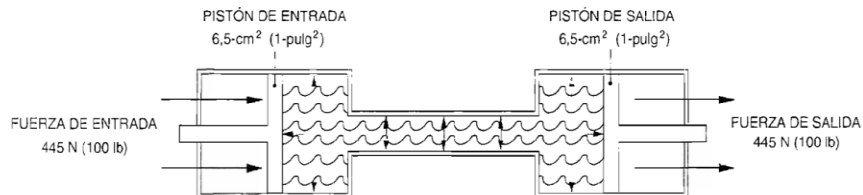


Figura 1. Transferencia directa de fuerza (Netto & Fernández, s. f.)

Sin embargo, cuando los pistones tienen tamaños diferentes, como se muestra en la Figura 2, la presión resultante puede variar. Mientras que el pistón de entrada conserva su tamaño anterior ( $6.5\text{ cm}^2$ ), el pistón de salida ahora posee una superficie de  $26\text{ cm}^2$ .

Ya que el líquido aplica la misma cantidad de presión igual en todas direcciones, la fuerza transferida al pistón de salida ahora es de  $1780\text{ N}$ , los cuales proporcionan una ventaja mecánica.

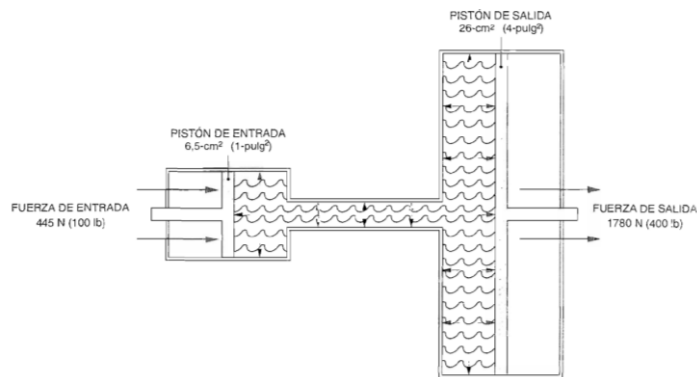


Figura 2. Multiplicación de fuerza (Netto & Fernández, s. f.)

La presión se define como la fuerza ejercida por el líquido sobre una unidad de área. Se mide en diferentes unidades según el sistema de unidades utilizado: kilopascales (kPa) en el sistema internacional (SI), bares (bar) en el sistema métrico y libras por pulgada cuadrada (psi) en el Sistema Inglés. Por ejemplo, 1 kPa equivale a 0.01 bares o 0.145 psi, y 1 psi equivale a 6.895 kPa o 0.069 bares. La presión de un líquido puede ser cuantificada utilizando instrumentos de medición como un medidor de presión o manómetro. [1]

Operación de un circuito hidráulico básico:

Un circuito hidráulico básico es un sistema que utiliza fluidos incompresibles para transmitir energía y realizar trabajo mecánico, sus componentes básicos son los siguientes:

- a) El depósito de aceite.
- b) Una bomba, la cual impulsa el fluido a través de todo el circuito.
- c) Una válvula direccional, la cual controla el hacia donde se dirige el flujo.

- d) Una válvula de alivio que se encarga de limitar la presión del sistema a un nivel seguro, permitiendo al aceite fluir directamente desde la bomba hacia el depósito, cuando la presión en la salida alcanza cierto nivel.

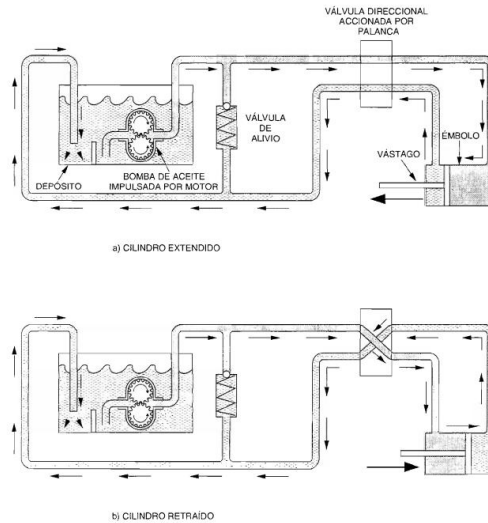


Figura 3. Circuito hidráulico básico (Netto & Fernández, s. f.)

Cuando la válvula direccional se activa mediante una palanca, en la configuración representada en la Figura 3(a), el aceite bombeado se dirige hacia el extremo del émbolo del cilindro. La presión ejercida por el aceite desde la bomba impulsa el pistón dentro del cilindro, lo que resulta en la expansión del vástago del pistón. Mientras tanto, el aceite en el extremo del vástago del cilindro se desvía de vuelta al depósito a través de la misma válvula direccional accionada por palanca.

En contraste, cuando la válvula direccional se encuentra en la posición mostrada en la Figura 3(b), el aceite bombeado fluye hacia el extremo del vástago del cilindro. Esto causa la retracción del vástago del émbolo. El aceite que se

encuentra en el extremo del émbolo es entonces nuevamente drenado al depósito mediante la misma válvula direccional accionada por palanca. [1]

### **Ventajas y aplicaciones de los sistemas oleohidráulicos**

Los sistemas oleohidráulicos ofrece una serie de ventajas significativas en diversas aplicaciones industriales y comerciales. Al utilizar aceite hidráulico como medio de transmisión de energía, estos sistemas pueden generar altas fuerzas y proporcionar un control preciso en un amplio rango de sus condiciones de funcionamiento. Además, el aceite hidráulico es básicamente incompresible, lo que garantiza una respuesta rápida para iniciar o detener el movimiento.

Los sistemas oleohidráulicos tienen diversas ventajas de las cuales destacan.

- a) Control del movimiento: Los sistemas hidráulicos ofrecen un control completo sobre una variedad de parámetros, incluyendo la velocidad, la fuerza, momento de giro y la posición de los actuadores. Esta capacidad de controlar fácilmente el movimiento es necesaria en una variedad de aplicaciones permitiendo adaptarse a las necesidades específicas de cada tarea.
- b) Capacidad de carga: Una ventaja destacada de los sistemas oleohidráulicos es su capacidad para ofrecer una excepcional capacidad de carga y torque. Gracias a las bombas hidráulicas que elevan la presión del aceite, estos sistemas pueden generar fuerzas y momentos de torsión elevados, lo que los hace ideales para aplicaciones que requieren levantamiento, empuje o manipulación de cargas pesadas.

- c) Capacidad de carga variable: Los sistemas hidráulicos pueden adaptarse fácilmente a cambios en la carga, lo que los hace ideales para aplicaciones que experimentan variaciones en la carga, como en equipos de elevación y manipulación de materiales.
- d) Aplicaciones Industriales: Los sistemas oleohidráulicos son ampliamente utilizados en la industria debido a su versatilidad en movimientos, precisión excepcional y capacidad de carga significativa. Esta combinación de cualidades los hace ideales para una multitud de aplicaciones en las cuales tenemos.
  - e) Máquinas de conformado de metal
  - f) Máquinas herramienta
  - g) Máquinas de inyección de plástico
  - h) Equipamiento para robótica
  - i) Manipulación automatizada
- e) Aplicaciones Móviles: Las aplicaciones móviles son ampliamente empleadas en la industria de la maquinaria pesada, donde se aprovecha la energía de salida del motor de combustión interna para alimentar una bomba generadora de presión. Esta energía se transfiere posteriormente a un actuador, permitiendo así el control y movimiento de diversos componentes. Algunas de las aplicaciones móviles más comunes incluyen.
  - j) Vehículos para la construcción y mantenimiento de carreteras
  - k) Retroexcavadoras

- l) Grúas
- m) Cargadores de diferentes tamaños
- n) Camiones recolectores de basura
- o) Frenos y suspensiones de camiones

Además, se encuentran aplicaciones en sectores como la aeronáutica, agricultura, industria marina y producción de energía.

### **1.2. Componentes fundamentales de un circuito oleohidráulico**

Un circuito oleohidráulico es un sistema que, por medio de un fluido incompresible, específicamente aceite hidráulico transmite energía a través de diferentes elementos mecánicos. Debido a la capacidad de manejar altas presiones y ofrecer una gran fuerza en espacios relativamente pequeños son esenciales en una amplia gama de aplicaciones industriales y móviles. Los elementos esenciales que un circuito oleohidráulico debe incorporar para funcionar de manera óptima son los siguientes:

- a) Bomba hidráulica
- b) Motor eléctrico
- c) Válvulas hidráulicas
- d) Electroválvulas
- e) Tanque de aceite
- f) Aceite hidráulico
- g) Mangueras hidráulicas
- h) Cilindros hidráulicos

i) Fuente de corriente directa

### 1.2.1. Motor eléctrico

Los motores eléctricos también conocidos como maquinas eléctricas transforman la energía eléctrica que absorben por sus bornes a energía mecánica.

En el funcionamiento de la maquina eléctrica como motor, la energía consumida será energía eléctrica, administrada o introducida por el devanado del estator de una fuente de potencia externa. Se produce así en el entrehierro de la maquina la energía electromagnética necesaria para poder iniciar el giro de la maquina por el efecto o ley de Laplace, lo que se traduce finalmente en energía mecánica de salida.

A continuación, se clasifican los motores atendiendo al tipo de corriente utilizada para su alimentación (Figura 4).

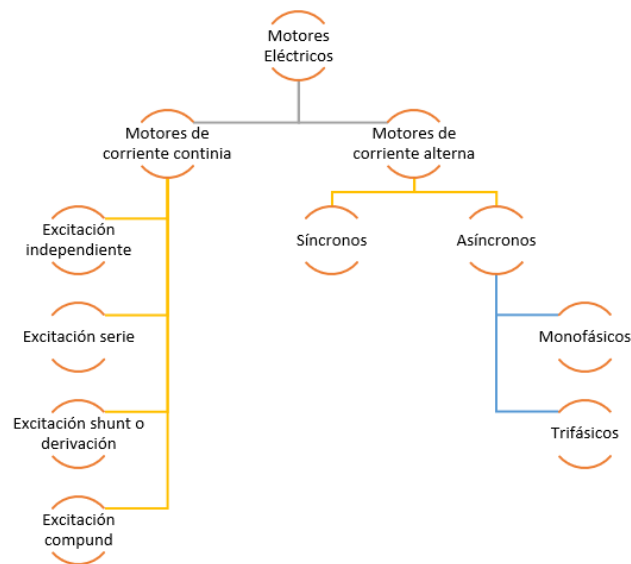


Figura 4. Tipos de motores eléctricos

Todos los motores de corriente continua, así como los síncronos de corriente alterna incluidos en la clasificación anterior tienen aplicaciones muy específicas, por el contrario, los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento y bajo coste de fabricación. [10]

Los motores asíncronos se clasifican siempre atendiendo al tipo de corriente utilizada para su alimentación como se muestra en la Figura 5.

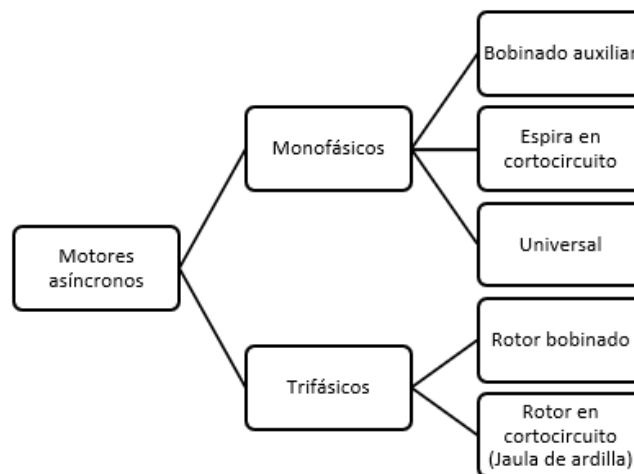


Figura 5. Tipos de motores asíncronos

## Generalidades de motores eléctricos

### A) Placa de identificación de motores eléctricos

Todo motor eléctrico se identifica con una placa metálica la que presenta la información sobre las características específicas del motor, compuesta de códigos y números. El entender la información de esa placa nos permite conocer las prestaciones del motor eléctrico y evaluar si encaja o no con nuestras necesidades. [11]

A continuación, se presenta un ejemplo de placa de un motor eléctrico en la Figura 6.

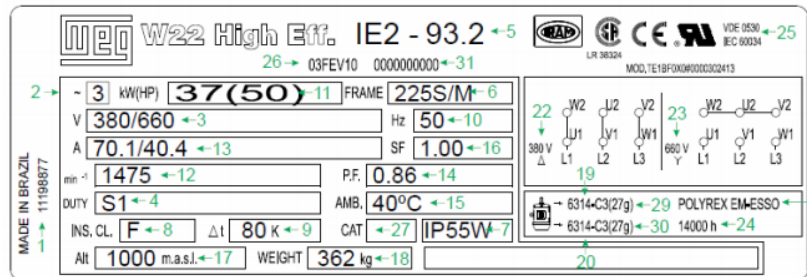


Figura 6. Placa ejemplo de motor eléctrico WEG (Roydisa, 2019)

Datos referentes a las características del motor que se encuentran en la placa del fabricante se representan en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de placa del motor

Descripción de códigos, números y datos de placa de motor eléctrico		
1- Código de motor	11- Potencia nominal del motor	21- Tipos de cargas de los rodamientos
2- Número de fases	12- Velocidad nominal del motor en rpm	22- Diagrama de conexión para tensión nominal
3- Tensión nominal de operación	13- Corriente nominal de operación	23- Diagrama de conexión para tensión de arranque
4- Régimen de servicio	14- Factor de potencia	24- Intervalo de lubricación en horas
5- Eficacia	15- Temperatura ambiente máxima	25- Certificaciones
6- Tamaño de la carcasa	16- Factor de servicio	26- Fecha de fabricación
7- Grado de protección	17- Altitud	27- Categoría de par
8- Clase de aislamiento	18- Peso del motor	28- Número de serie
9- Temperatura de la clase de aislamiento	19- Especificación del rodamiento delantero	29- Cantidad de grasa en el rodamiento delantero

10-Frecuencia	20- Especificaciones del rodamiento trasero	30- Cantidad de grasa en el rodamiento trasero
---------------	---------------------------------------------	------------------------------------------------

## **B) Materiales y sistemas de aislamientos de motores eléctricos**

Siendo el motor de inducción, una máquina robusta y de construcción simple, su vida útil depende casi exclusivamente de la vida útil del aislamiento del devanado. La misma es afectada por muchos factores, como humedad, vibraciones, ambientes corrosivos y otros. Entre todos los factores, el más importante es, sin duda, la temperatura soportada por los materiales aislantes empleados. Un aumento de 8 a 10 grados por encima del límite de la clase térmica de la temperatura del aislamiento puede reducir la vida útil del devanado por la mitad. La vida útil del aislamiento (en términos de temperatura de trabajo, sensiblemente por debajo de aquella en que el material se quema), se refiere al envejecimiento gradual del aislante, que se va tornando reseco, perdiendo el poder aislante, hasta que no soporta más la tensión aplicada y produzca el cortocircuito.

Los materiales y sistemas aislantes son clasificados conforme la resistencia a la temperatura por largo período de tiempo.

El material aislante impide, limita y direcciona el flujo de las corrientes eléctricas. A pesar de que la principal función del material aislante sea la de impedir el flujo de corriente de un conductor para tierra o para un potencial más bajo, el mismo sirve también para dar soporte mecánico, proteger el conductor

de degradación provocada por el medio ambiente y transferir calor para el ambiente externo.

Una combinación de dos o más materiales aislantes, usados en un equipo eléctrico, se denomina sistema aislante. Esa combinación en un motor eléctrico consiste en el esmalte de aislamiento del alambre, aislamiento de fondo de ranura, aislamiento de cierre de ranura, aislamiento entre fases, barniz y/ o resina de impregnación, aislamiento del cable de conexión, aislamiento de soldadura.

Clasificación de materiales y sistemas aislantes según las siguientes normas:

- a) (IEC) International Electrotechnical Commission - Organización internacional no gubernamental de normas del área eléctrica, electrónica y de tecnologías relacionadas.
- b) (UL) Underwriters Laboratories - Entidad norteamericana de certificación de productos.

*Tabla 2. Normas de materiales y sistemas aislantes (WEG, s. f.)*

<b>Materiales</b>	<b>Sistemas</b>	<b>Materiales y Sistemas</b>
UL 7468	UL 1446	IEC 60085
IEC 60216	UL 1561/1562	
	IEC 60505	
	IEEE 117	

Como la temperatura en productos electromecánicos es frecuentemente el factor predominante para el envejecimiento del material aislante y del sistema de aislamiento, ciertas clasificaciones térmicas básicas son útiles y reconocidas mundialmente. Se especifica que, en un equipamiento electromecánico, la clase térmica representa la temperatura máxima que el equipamiento puede alcanzar

en su punto más caliente, al estar operando en carga nominal, sin disminución de la vida útil. La clasificación térmica de un material, o sistema, está basada en la comparación con sistemas o material de referencia conocidos.

Las clases térmicas definidas para los materiales y sistemas aislantes son las que se describen en la Tabla 3.

Tabla 3. Clases térmicas (WEG, s. f.)

Temperatura (°C)	Clases de temperatura	
	IEC 60085	UL 1446
90	Y (90 °C)	-
105	A (105 °C)	-
120	E (120 °C)	120 (E)
130	B (130 °C)	130 (B)
155	F (155 °C)	155 (F)
180	H (180 °C)	180 (H)
200	N (200 °C)	200 (N)
220	R (220 °C)	220 (R)
240	-	240 (S)
Por encima de 240°C	-	Por encima de 240 (C)
250	250	

### C) Grado de protección de motores eléctricos

Los envoltorios de los equipos eléctricos, conforme las características del local en que serán instalados y su accesibilidad, deben ofrecer un determinado grado de protección. La norma IEC 60034-5 define los grados de protección de los equipos eléctricos por medio de las letras y los divide en:

- a) 1º guarismo (Tabla 4): Indica el grado de protección contra penetración de cuerpos sólidos extraños y contacto accidental.
- b) 2º guarismo (Tabla 5): Indica el grado de protección contra penetración de agua en el interior del motor.

Tabla 4. Guarismo 1 (WEG, s. f.)

1° guarismo	
Guarismo	Indicación
0	Máquina no protegida
1	Máquina protegida contra objetos sólidos mayores a 50 mm
2	Máquina protegida contra objetos sólidos mayores a 12 mm
3	Máquina protegida contra objetos sólidos mayores a 2,5 mm
4	Máquina protegida contra objetos sólidos mayores a 1 mm
5	Máquina protegida contra polvo
6	Máquina totalmente protegida contra polvo

Tabla 5. Guarismo 2 (WEG, s. f.)

2° guarismo	
Guarismo	Indicación
0	Máquina no protegida
1	Máquina protegida contra goteo vertical
2	Máquina protegida contra goteo de agua, con inclinación de hasta 15°
3	Máquina protegida contra aspersion de agua
4	Máquina protegida contra proyecciones de agua
5	Máquina protegida contra chorros de agua
6	Máquina protegida contra chorros potentes
7	Máquina protegida contra los efectos de la inmersión temporaria
8	Máquina protegida contra los efectos de la inmersión continua

Las combinaciones entre los dos guarismos, es decir, entre los dos criterios de protección, están resumidos en la Tabla 6. Cabe resaltar que, de acuerdo con la norma, la calificación del motor en cada grado, en lo que se refiere a cada uno de los guarismos, es definida a través de ensayos estandarizados, y no está sujeta a interpretaciones.

Aunque algunos guarismos indicativos de grado de protección puedan ser combinados de muchas maneras, solamente algunos tipos de protección son empleados en los casos normales. Los mismos son: IP21, IP22, IP23, IP44 e IP55. Los tres primeros son motores abiertos y los dos últimos son motores cerrados. Para aplicaciones especiales más rigurosas, son comunes, también,

los grados de protección IP55W (protección contra intemperies), IP56 (protección contra “agua de oleaje”), IP65 (totalmente protegido contra polvos) e IP66 (totalmente protegido contra polvos y agua de oleaje). [37]

Tabla 6. Grado de protección del motor (WEG, s. f.)

Motor	Grado de protección	1º guarismo		2º guarismo
		Protección contra contacto	Protección contra cuerpos extraños	Protección contra agua
Motores abiertos	IP00	no tiene	no tiene	no tiene
	IP02	no tiene	no tiene	gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical
	IP11	toque accidental con la mano	cuerpos extraños sólidos de dimensiones por encima de 50 mm	gotas de agua en la vertical
	IP12	toque accidental con la mano	cuerpos extraños sólidos de dimensiones por encima de 50 mm	gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical
	IP13	toque accidental con la mano	cuerpos extraños sólidos de dimensiones por encima de 50 mm	agua de lluvia hasta una inclinación de 60° con la vertical
	IP21	toque con los dedos	cuerpos extraños sólidos de dimensiones por encima de 12 mm	gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical
	IP22	toque con los dedos	cuerpos extraños sólidos de dimensiones por encima de 12 mm	Protection against dripping water even when tilted 15°
	IP23	toque con los dedos	cuerpos extraños sólidos de dimensiones por encima de 12 mm	agua de lluvia hasta una inclinación de 60° con la vertical
Motores cerrados	IP44	toque con herramientas	cuerpos extraños sólidos de dimensiones por encima de 1 mm	salpicaduras de todas las direcciones
	IP54	protección completa contra pares	protección contra acumulación de polvo nocivo	salpicaduras de todas las direcciones
	IP55	protección completa contra pares	protección contra acumulación de polvo nocivo	chorros de agua en todas las direcciones

#### D) Motores asíncronos trifásicos

Se le da el nombre de motor asíncrono al motor de corriente alterna cuya parte móvil gira a una velocidad distinta a la de sincronismo.

Como todas las maquinas eléctricas, un motor eléctrico está constituido por un circuito magnético y dos eléctricos, uno colocado en la parte fija (estator) y otro en la parte móvil (rotor). El circuito magnético está formado por chapas apiladas en forma de cilindro en el rotor y en forma de anillo en el estator (Figura 7).



Figura 7. Estator y rotor de motor eléctrico (McGraw Hill España, s. f.)

Los motores asíncronos trifásicos cuentan con los siguientes componentes (Figura 8)

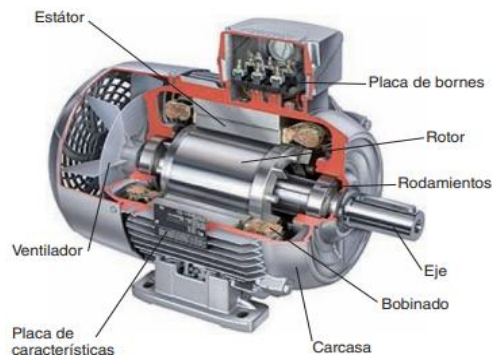


Figura 8. Componentes de motor asíncrono (McGraw Hill España, s. f.)

- a) Estator: se trata de la parte fija de la parte rotativa. Es uno de los elementos fundamentales para transmitir la potencia en el caso de los motores eléctricos, o la corriente alterna en el caso de los generadores eléctricos.

- b) Rotor: se trata de la parte que gira o rota dentro de una máquina eléctrica, ya sea un motor o un generador eléctrico. Consiste en un eje que soporta un juego de bobinas enrolladas sobre piezas polares estáticas.
- c) Conmutador: se trata de una especie de interruptor que se encuentra en algunos generadores y motores, y cuya función es cambiar periódicamente la dirección de la corriente entre el rotor y el circuito externo.
- d) Escobillas: en los motores o generadores eléctricos es preciso establecer una conexión fija entre la máquina con las bobinas del rotor. Para esto, se fijan dos anillos en el eje de giro, aislados de la electricidad del eje y conectados a la bobina rotatoria, a sus terminales. Luego, se encuentran unos bloques de carbón que realizan presión a través de unos resortes, para establecer el contacto eléctrico. Dichos bloques son las escobillas.

Los motores asíncronos trifásicos son los que el bobinado inductor colocado en el estator está formado por tres bobinados independientes desplazados 120 eléctricos entre sí y alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna. Los podemos encontrar de dos tipos:

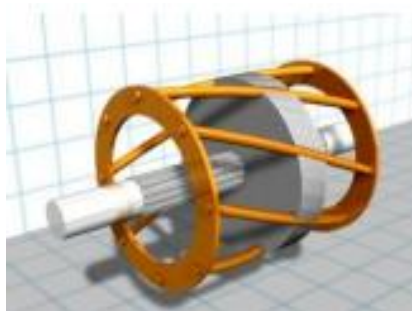
- a) Rotor en cortocircuito (Jaula de ardilla)
- b) Rotor bobinado

La diferencia principal entre los dos tipos reside en la estructura del rotor; para ser más precisos, en el primer tipo el rotor está constituido por varios devanados como los del estátor, presenta una estructura más compleja y delicada (escobillas

que rozan con el rotor, con la posible interposición de resistencias para el control de la fase de arranque) con necesidad de mantenimiento periódico y dimensiones generales elevadas, mientras que el segundo tipo tiene un rotor constituido por barras cerradas en cortocircuito, por lo que, gracias a una mayor simplicidad constructiva, da origen a un tipo de motor muy simple, robusto y económico.

c) Rotor en cortocircuito (Jaula de ardilla):

El motor de rotor de jaula de ardilla, también llamado de rotor en cortocircuito, es el más sencillo y el más utilizado actualmente. En núcleo del rotor está construido de chapas estampadas de acero al silicio en el interior de las cuales se disponen unas barras, generalmente de aluminio moldeado a presión. Las barras del devanado van conectadas a unos anillos conductores denominados anillos extremos. El bobinado así dispuesto tiene forma de jaula de ardilla (Figura 9).



*Figura 9. Bobinado en forma de jaula de ardilla (MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA - PDF, s. f.)*

Las ranuras del rotor suelen hacerse oblicuas respecto al eje para evitar así puntos muertos en la inducción electromagnética. Un inconveniente de los motores con rotor de jaula de ardilla es que en el arranque absorbe una corriente

muy intensa (de 4 a 7 veces la nominal o asignada), y lo hace además con un bajo factor de potencia, y a pesar de ello, el par de arranque suele ser bajo. La baja resistencia del rotor hace que los motores de jaula de ardilla tengan excelentes características para marchas a velocidad constante.

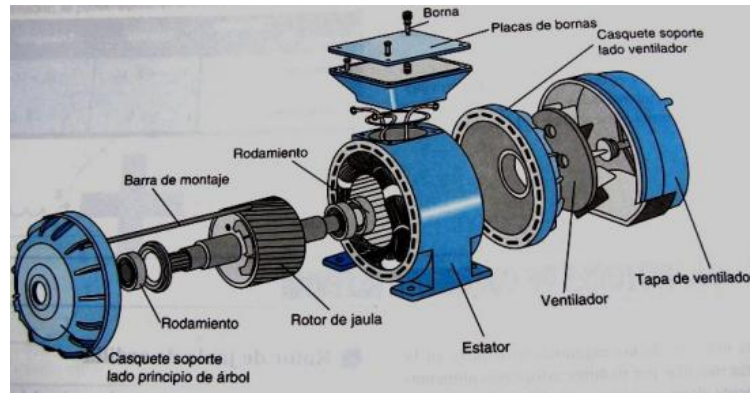


Figura 10. Motor de rotor en cortocircuito (MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA - PDF, s. f.)

Está compuesto por laminaciones de acero que conducen el flujo magnético, transfieren el calor y proporcionan una estructura para la jaula. Las barras y los anillos que forman el bobinado transportan la corriente eléctrica y producen el torque, generalmente formados por fundición en aleaciones de aluminio o inclusive cobre. El rotor también puede tener ductos de aire y en tal caso por lo general cuenta con una “araña” montada sobre el eje para permitir que el aire alcance los ductos de aire (Figura 11). Después de ser perforados, las laminaciones son recocidas para aliviar las tensiones, esto mejora la magnetización y minimiza las pérdidas de las laminaciones de acero.

### **1.2.2. Bombas hidráulicas**

Las bombas son componentes claves en la ingeniería de fluidos, responsables en elevar un fluido desde un nivel determinado a otro más alto o de convertir la energía mecánica en energía hidráulica. Son los componentes más utilizados después de los motores eléctricos, con una amplia variedad de modelos diseñados para el trasiego de líquidos, así como para presurizar o crear vacío en aplicaciones industriales.

Las bombas pueden dividirse en dos tipos: de desplazamiento no positivo (hidrodinámicas) las cuales se utilizan para trasiego de fluidos y de desplazamiento positivo (hidrostáticas) las cuales se utilizan para la transmisión de energía. [2]

#### **A) Bombas de desplazamiento no positivo**

Generalmente, estas bombas son empleadas para trasiego de fluidos, transfiriendo energía cinética al fluido mediante fuerza centrífuga. En su funcionamiento, el fluido ingresa a la bomba a través de su eje central y es expulsado hacia el exterior por un elemento rotatorio (como paletas, lóbulos o turbinas) que gira a alta velocidad. Este proceso convierte la energía mecánica del rotor en energía cinética y de presión en el fluido, facilitando su movimiento a través del sistema. Se emplean principalmente para mover fluidos en aplicaciones donde la resistencia a vencer es baja.

Este tipo de bombas no dispone de sistemas de estanquidad entre los orificios de entrada y salida; por lo tanto, produce un caudal que variará en función de la

contrapresión que encuentre el fluido a su salida. Si existe bloqueo total en el orificio de salida de una bomba de desplazamiento no positivo, aumentará la presión y disminuirá el caudal hasta cero, a pesar de que el elemento impulsor siga moviéndose. [2]

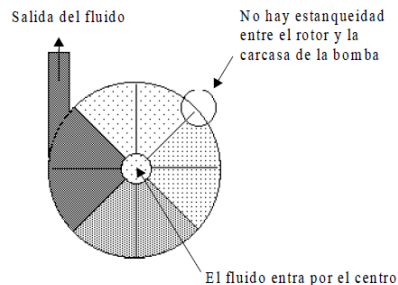


Figura 11. Bomba centrífuga (Roca Ravell, F, 1997)

## B) Bombas de desplazamiento positivo

Las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo son los elementos destinados a transformar energía mecánica en energía hidráulica. Además, este tipo de bombas suministra la misma cantidad de líquido en cada ciclo o revolución del elemento de bombeo, independientemente de la presión que encuentre el líquido a su salida. Este tipo de bomba realiza dos funciones cuando trabaja: en primer lugar, su acción mecánica crea un vacío en la línea de aspiración que permite a la presión atmosférica forzar al líquido del depósito hacia el interior de la bomba; como segundo punto, su acción mecánica hace que este líquido vaya hacia el orificio de salida, forzándolo a introducirse en el sistema oleohidráulico.

Existen tres razones importantes las cuales hacen comprender por qué todas las bombas de los sistemas oleohidráulicos son de desplazamiento positivo, las cuales son:

- a) En las bombas de desplazamiento no positivo, cuando el esfuerzo a vencer por el sistema alcance un valor determinado (entre 5 a 20 kg/cm<sup>2</sup>, según el tipo de bomba), la bomba dejará de dar caudal y el equipo se parará.
- b) En el caso anterior, y aún antes de alcanzar este valor concreto de presión, el caudal va disminuyendo notablemente, por lo que no se dispone de un control preciso de la velocidad de movimiento del sistema.
- c) Las fugas internas en este tipo de bombas implican un elevado consumo de energía mecánica que se desaprovecha al no convertirse en energía hidráulica. Las bombas de desplazamiento no positivo se utilizan, casi exclusivamente, para el trasiego de agua u otros líquidos, pero no para aplicaciones oleohidráulicas.

Las bombas hidrostáticas se clasifican no solo por su diseño y funcionamiento, sino también según su cilindrada o el caudal suministrado a una velocidad de giro determinada, así como por la presión máxima de trabajo recomendada por el fabricante. Además, se pueden clasificar en dos grandes grupos en función del tipo de fuerza que se les ha de aplicar para su funcionamiento. Las bombas que trabajan absorbiendo una fuerza lineal se denominan *bombas oscilantes* y las bombas que necesitan un esfuerzo rotativo aplicado a su eje se denominan *bombas rotoestáticas*. [2]

- **Bombas oscilantes**

También denominadas bombas recíprocas, éstas representan claramente el principio de funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo, constituyendo el ejemplo más elemental de este tipo de bombas.

Este tipo de bombas constan de un vástago conectado a un pistón, con sus elementos básicos de estanqueidad, que se desplaza en el interior de un orificio cilíndrico cerrado por el extremo opuesto por donde tiene los orificios de aspiración y salida (Figura 12).

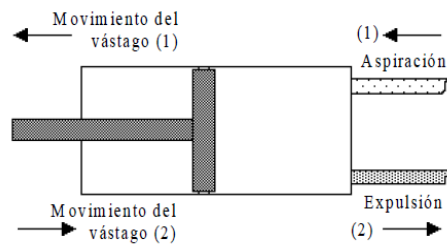


Figura 12. Bomba manual (Roca Ravell, F, 1997)

Todas las bombas de desplazamiento positivo ya sean oscilantes o rotoestáticas, suministran el mismo volumen de líquido en cada ciclo. Esta es una característica física de la bomba, y no varía en función de la velocidad de accionamiento; cuanto más rápido sea accionada mayor volumen total de líquido suministrará por unidad de tiempo. Por lo tanto, al definir una bomba de desplazamiento positivo se hace expresando su cilindrada, o volumen de fluido suministrado por ciclo, o indicando el caudal total suministrado a un determinado número de ciclos por unidad de tiempo. En las bombas oscilantes, generalmente se especifica la cilindrada, mientras que las bombas rotoestáticas, se puede utilizar cualquiera de los dos sistemas.

- **Bombas rotoestáticas**

El movimiento de este tipo de bombas es el que traslada el fluido desde la aspiración hasta la salida de presión. Estas bombas se clasifican normalmente en función del tipo de elemento que transmite el movimiento al fluido. Existen bombas de engranaje, paletas, pistones, husillos, etc. Cada uno de estos tipos tiene un funcionamiento distinto de las otras.

Todas las bombas rotoestáticas son impulsadas exteriormente por un elemento motriz rotativo. Generalmente, estas bombas son accionadas por motores eléctricos o de combustión interna, aunque también pueden ser impulsadas por otros mecanismos motrices como turbinas hidráulicas o eólicas.

[2]

Existen una gran variedad de bombas rotoestáticas, entre las cuales existen: bombas de engranajes externos, bombas de lóbulos, bombas de husillos, bombas de engranajes internos, bombas de semiluna, bombas gerotor, bombas de paletas, bombas de paletas no compensadas, bombas de paletas compensadas, bombas de paletas fijas, bombas de pistones, bombas de pistones axiales, bombas de pistones axiales en línea, bombas de pistones axiales en ángulo, bombas de pistones axiales con placa oscilante, bombas de pistones radiales y bombas de pistones oscilantes. Entre estas bombas las más utilizadas son las siguientes:

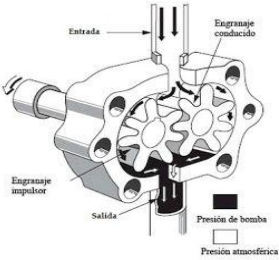
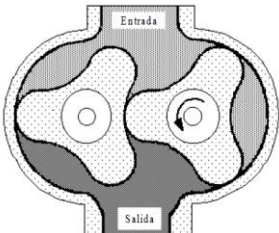
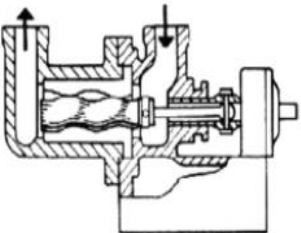
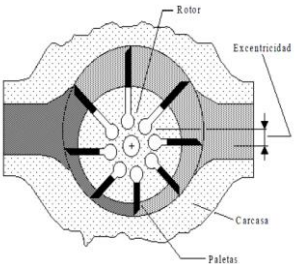
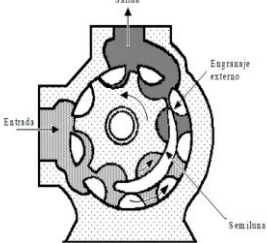
- a) Bombas de engranajes externos: Una bomba de engranajes externos genera caudal mediante el transporte del fluido entre los dientes de dos

engranajes bien acoplados. Uno de los engranajes, denominado motriz, es accionado directamente por el eje de la bomba, mientras que este engranaje impulsa el movimiento del segundo engranaje, denominado libre. Las cámaras formadas entre los dientes de los engranajes están contenidas dentro del cuerpo de la bomba y selladas por placas laterales, también conocidas como placas de presión o placas de desgaste.

- b) Bombas de lóbulos: son bombas rotoestáticas de engranes externos que difieren principalmente de éstas en la forma en que son accionados los engranajes. En las bombas de engranajes externos, un engranaje impulsa el movimiento del otro. En contraste, en las bombas de lóbulos, ambos lóbulos son accionados de manera independiente mediante un sistema de engranajes ubicado externamente a la cámara de bombeo. Este tipo de bombas no son comúnmente empleadas en sistemas oleohidráulicos.
- c) Bombas de paletas: En este tipo de bombas, un conjunto de paletas se desliza dentro de las ranuras de un rotor, que gira dentro de un alojamiento o anillo. Las cámaras de bombeo se forman entre las paletas, el rotor y el alojamiento, con el conjunto cerrado lateralmente por placas laterales. Estas bombas son relativamente pequeñas en función de las potencias que desarrollan y su tolerancia al contaminante es bastante aceptable. [2]

A continuación, se presentan dos tablas en las cuales se describe el diagrama, características, ventajas y desventajas de las bombas rotoestáticas más comunes.

Tabla 7. Tabla de características de las bombas rotoestáticas

Tipo de bomba	Diagrama	Características
Bomba de engranajes externos		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estructura mecánica básica con pocos componentes móviles.</li> <li>✓ Capacidad para generar presiones elevadas en el sistema.</li> <li>✓ Puede manejar pequeñas cantidades de impurezas en el fluido.</li> <li>✓ Generalmente son más económicas en comparación con otros tipos de bombas.</li> </ul>
Bomba de lóbulos		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ofrece un flujo continuo con pulsaciones mínimas.</li> <li>✓ Puede transportar fluidos con partículas sólidas sin daños.</li> <li>✓ Baja fricción interna reduciendo el desgaste aumentando la vida útil.</li> <li>✓ Puede bombear en ambas direcciones.</li> </ul>
Bomba de husillos		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ofrece control de flujo y presión (alta precisión).</li> <li>✓ Minimiza el deslizamiento interno para un flujo constante.</li> <li>✓ Funcionamiento más silencioso que otras bombas rotoestáticas.</li> <li>✓ Puede evacuar aire y comenzar a bombear fluidos por sí misma.</li> </ul>
Bomba de paletas		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Transporta un volumen fijo de fluido en cada ciclo.</li> <li>✓ Puede evacuar aire y comenzar a bombear fluidos sin asistencia externas.</li> <li>✓ Su diseño permite instalaciones en espacios reducidos.</li> <li>✓ Soporta fluidos con pequeñas impurezas sin perder eficiencia.</li> </ul>
Bomba de semiluna		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Funcionamiento más silencioso debido al engranaje interno</li> <li>✓ Capacidad para manejar fluidos de alta viscosidad.</li> <li>✓ Menor pulsación de presión, lo que proporciona un flujo más suave.</li> </ul>

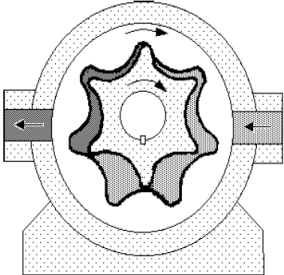
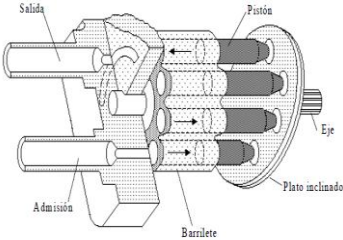
		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño compacto con menos piezas móviles.</li> <li>✓ Mayor eficiencia volumétrica, especialmente a bajas velocidades.</li> </ul>
Bomba gerotor		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño compacto permite la instalación en lugares reducidos.</li> <li>✓ Alta eficiencia energética al minimizar las pérdidas de energía.</li> <li>✓ Opera silenciosamente en comparación con otros tipos de B.</li> <li>✓ Alta eficiencia volumétrica.</li> <li>✓ Fácil mantenimiento por su simplicidad en el diseño.</li> </ul>
Bomba de pistones axiales		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ofrece una eficiencia volumétrica y mecánica notable.</li> <li>✓ Puede ajustarse para adaptarse a diferentes demandas de flujo.</li> <li>✓ Los pistones y cilindros están diseñados para resistir el desgaste.</li> <li>✓ Permite un control preciso del caudal y la presión del fluido.</li> </ul>

Tabla 8. Ventajas y desventajas de las bombas rotoestáticas

Tipo de bomba	Ventajas	desventajas
Bomba de engranajes externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño simple y compacto.</li> <li>✓ Costos iniciales bajos.</li> <li>✓ Alta fiabilidad y durabilidad.</li> <li>✓ Tolerancia a fluidos viscosos.</li> <li>✓ Flujo de salida constante y uniforme.</li> <li>✓ Capacidad para altas presiones.</li> <li>✓ Capacidad de autocebado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eficiencia volumétrica variable.</li> <li>✓ Desgaste por fricción.</li> <li>✓ Ruido de operación.</li> <li>✓ Sensibilidad a contaminantes.</li> <li>✓ Limitación en flujos variables.</li> <li>✓ Bajo rendimiento en altas temperaturas.</li> <li>✓ Pérdidas internas.</li> <li>✓ Capacidad limitada para manejar sólidos.</li> </ul>
Bomba de lóbulos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Operación suave y silenciosa.</li> <li>✓ Manejo de sólidos y partículas.</li> <li>✓ Reversibilidad.</li> <li>✓ Bajo mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costos iniciales elevados.</li> <li>✓ Eficiencia sensible a la viscosidad.</li> <li>✓ Limitaciones en presiones altas.</li> <li>✓ Complejidad en reparaciones.</li> <li>✓ Riesgo de cavitación.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ versatilidad de aplicaciones.</li> <li>✓ Cero contaminaciones cruzadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Requiere filtración adecuada.</li> </ul>
Bomba de husillos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alta eficiencia volumétrica.</li> <li>✓ Operación suave y silenciosa.</li> <li>✓ Manejo de fluidos viscosos.</li> <li>✓ Bajo mantenimiento.</li> <li>✓ Resistencia a la cavitación.</li> <li>✓ Compatibilidad con fluidos corrosivos y abrasivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costos iniciales elevados.</li> <li>✓ Sensibles a la contaminación del fluido.</li> <li>✓ Complejidad en el diseño y la fabricación.</li> <li>✓ No es adecuada para flujos muy altos.</li> <li>✓ Riesgo de desgaste por fricción.</li> </ul>
Bomba de paletas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eficiencia volumétrica alta.</li> <li>✓ Operación silenciosa.</li> <li>✓ Flujo constante y uniforme.</li> <li>✓ Capacidad de autocebado.</li> <li>✓ Compactas y livianas.</li> <li>✓ Versatilidad en flujo.</li> <li>✓ Buena resistencia a la contaminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sensibilidad a la viscosidad del fluido.</li> <li>✓ Desgaste de las paletas.</li> <li>✓ Menor capacidad de presión.</li> <li>✓ Requieren lubricación.</li> <li>✓ Limitaciones de temperatura.</li> <li>✓ Costo de mantenimiento.</li> </ul>
Bomba de semiluna	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eficiencia volumétrica alta.</li> <li>✓ Operación suave y sin pulsaciones.</li> <li>✓ Diseño compacto.</li> <li>✓ Mantenimiento relativamente sencillo.</li> <li>✓ Adaptabilidad a diferentes condiciones de operación.</li> <li>✓ Buena tolerancia a fluidos con partículas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costos iniciales relativamente altos.</li> <li>✓ Sensibilidad a la contaminación del fluido.</li> <li>✓ Eficiencia reducida con fluidos de baja viscosidad.</li> <li>✓ Riesgo de cavitación.</li> <li>✓ Requieren lubricación adecuada.</li> <li>✓ Desgaste en condiciones extremas.</li> </ul>
Bomba gerotor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eficiencia volumétrica alta.</li> <li>✓ Operación suave y silenciosa.</li> <li>✓ Compactas y ligeras.</li> <li>✓ Capacidad de manejo de fluidos viscosos.</li> <li>✓ Consistencia en el caudal.</li> <li>✓ Simplicidad de diseño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sensibilidad a la contaminación del fluido.</li> <li>✓ Capacidad limitada para altas presiones.</li> <li>✓ Requieren lubricación adecuada.</li> <li>✓ No son adecuadas para caudales muy altos.</li> <li>✓ Eficiencia variable con fluidos de baja viscosidad.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alta eficiencia volumétrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costo elevado.</li> </ul>

Bomba de pistones axiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacidad de alta presión.</li> <li>✓ Caudal variable.</li> <li>✓ Baja pérdida de energía.</li> <li>✓ Durabilidad y larga vida útil.</li> <li>✓ Compactas y potentes.</li> <li>✓ Operación suave y estable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mantenimiento requerido.</li> <li>✓ Sensibilidad a la contaminación del fluido.</li> <li>✓ Ruido de operación.</li> <li>✓ Calentamiento cuando se trabaja con altas presiones.</li> <li>✓ Complejidad en el diseño y reparación.</li> </ul>
---------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 9. Tabla comparativa de parámetros de bombas rotoestáticas

Tipo de bombas	Rango de presión (psi)	Rango de velocidad (rpm)	Eficiencia (%)	Capacidad de caudal (gpm)
Bomba de engranaje externo	500-3,000	500-4,000	85-93	1.62-38.2
Bomba de engranaje interno	150-3,000	1,500-6,050	85-95	0.57-31.67
Bomba de paletas	1,000-3,000	600-3,000	80-90	1-250
Bomba de pistones axiales	3,000-5,000	600-4,000	85-92	10-150

*Nota: los datos presentados en la tabla son el promedio de los datos obtenidos por diferentes fuentes bibliográficas.*

### **Normas que rigen las bombas de desplazamiento positivo**

Para garantizar la calidad, seguridad y eficiencia en las bombas de desplazamiento positivo, se han establecido diversas normas internacionales que regulan su diseño y fabricación. A continuación, se presentan algunas de las normas más importantes aplicadas más relevantes:

- a) SAE J745: Proporciona las instrucciones para la realización de pruebas de rendimiento en bombas hidráulicas de desplazamiento positivo. Especifica

los procedimientos de prueba para determinar la eficiencia volumétrica y mecánica, el caudal, la presión y otras características operativas. [40]

- b) ISO 10771-1:2015: Especifica un método de prueba para evaluar la resistencia a la fatiga de los envoltentes metálicos que contienen presión en los sistemas hidráulicos. Garantiza que las bombas sean capaces de soportar las presiones cíclicas típicas de su operación, mejorando la seguridad y la durabilidad. [41]
- c) ISO 4411:2008: Esta norma especifica un código de prueba para determinación de los niveles de ruido aerotransportado (propagación de sonido en el aire) de los componentes y sistemas hidráulicos. Ayuda a diseñar bombas que operen silenciosamente, minimizando la contaminación acústica en el entorno de trabajo. [43]

### **1.2.3. Válvulas hidráulicas**

Las válvulas de control son una parte integral de los sistemas oleohidráulicos y son responsables de regular diversos parámetros para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema. Existen tres tipos principales de válvulas: las válvulas de control de presión, las válvulas de control de caudal y las válvulas de control de dirección. Cada una de ellas posee características y aplicaciones específicas.

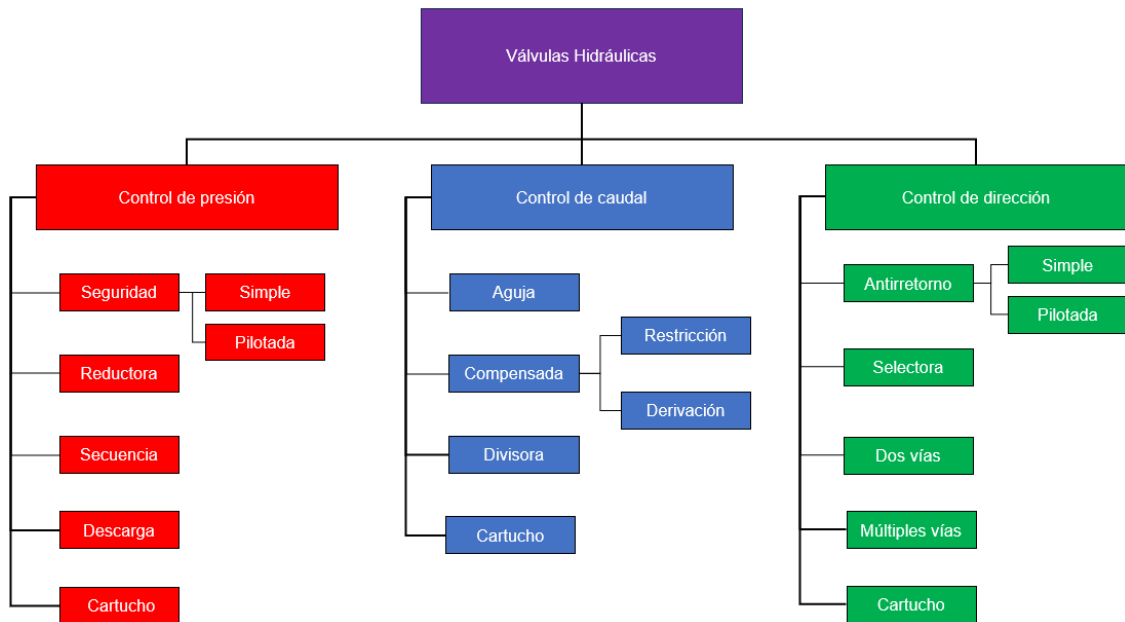


Figura 13. Tipos de válvulas de control

### A) Válvulas de control de presión

Las válvulas de control de presión se encuentran prácticamente en todos los sistemas hidráulicos y ayudan en una variedad de funciones, desde mantener las presiones del sistema de manera segura por debajo de un límite superior deseado hasta mantener una presión establecida en parte de un circuito. Los tipos incluyen alivio, reducción, secuencia, contrapeso y descarga. Todas ellas son válvulas normalmente cerradas, excepto las válvulas reductoras, que normalmente están abiertas. Para la mayoría de estas válvulas, es necesaria una restricción para producir el control de presión requerido. Una excepción es la válvula de descarga pilotada externamente, que depende de una señal externa para su accionamiento.

- **Válvulas de alivio de presión simple**

La válvula de alivio simple de acción directa no tiene tornillo de ajuste y, por lo tanto, se abre a una presión fija preestablecida controlada mediante el ajuste del resorte de compresión.

Una válvula de acción directa consta de un obturador que está expuesto a la presión del sistema por un lado y a la fuerza de un resorte por el otro como se muestra en la Figura 14. En una válvula de alivio fija, no ajustable y normalmente cerrada, la fuerza ejercida por el resorte de compresión supera la presión del sistema que actúa sobre el obturador. El resorte mantiene el obturador firmemente asentado. Un puerto de depósito en el lado del resorte de la válvula devuelve el líquido de fuga al tanque.

Cuando la presión del sistema comienza a exceder el ajuste del resorte de la válvula, el fluido empuja con fuerza suficiente como para vencer la tensión del resorte, desplazando así la bola o el obturador. Este movimiento abre un paso que permite que una cantidad controlada de fluido fluya hacia el depósito, lo que ayuda a reducir y estabilizar la presión del sistema en el valor previamente establecido por la válvula. Una vez que se ha liberado el volumen necesario de fluido y la presión desciende por debajo del ajuste del resorte, este último empuja nuevamente la bola o el obturador hacia su posición original, sellando el paso y deteniendo el flujo al depósito [13].

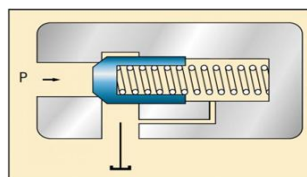


Figura 14. Válvula de alivio de presión simple (Engineering Essentials: Pressure-Control Valves, 2012)

- **Válvulas de alivio operadas por piloto**

Para aplicaciones que requieren válvulas que deben aliviar grandes flujos con un pequeño diferencial de presión, a menudo se utilizan válvulas de alivio operadas por piloto. La cual opera en dos etapas, una etapa piloto, que consiste en una pequeña válvula de alivio accionada por un resorte (generalmente integrada en la válvula de alivio principal), actúa como disparador para controlar la válvula de alivio principal. Sin embargo, el piloto también puede ubicarse de forma remota y conectarse a la válvula principal con una tubería.

La válvula de alivio principal normalmente está cerrada cuando la presión de la entrada está por debajo del ajuste del resorte de la válvula principal. El orificio B en la válvula principal, Figura 15, permite que el fluido de presión del sistema actúe sobre una superficie mayor en el lado del resorte del obturador, de manera que la suma de estas fuerzas y la del resorte principal mantienen el obturador asentado. En este momento, la válvula piloto también está cerrada. La presión en el conducto B es igual a la presión del sistema, pero menor que el ajuste del resorte de la válvula piloto.

A medida que aumenta la presión del sistema, la presión en el conducto B también aumenta y, cuando alcanza su ajuste, esta se abre. El aceite se libera detrás de la válvula principal a través del orificio B hacia el puerto de drenaje. La caída de presión resultante a través del orificio B en la válvula de alivio principal la abre y el exceso de aceite fluye hacia el tanque, evitando cualquier aumento adicional en la presión de entrada. Las válvulas principal y piloto se cierran

nuevamente cuando la presión del aceite de entrada cae por debajo del ajuste de la válvula. Las válvulas de alivio operadas por piloto tienen menos anulación de presión que las válvulas de alivio de acción directa [13].

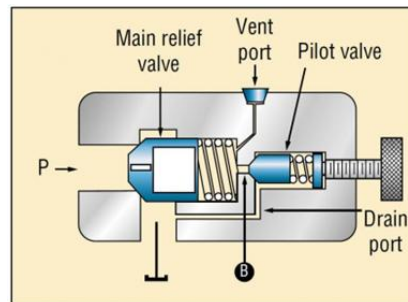


Figura 15. Válvula de alivio operada por piloto (*Engineering Essentials: Pressure-Control Valves*, 2012)

- **Válvulas reductoras de presión**

Los componentes más prácticos para mantener una presión secundaria más baja en un sistema hidráulico son las válvulas reductoras de presión. Las válvulas reductoras de presión son normalmente válvulas de 2 vías abiertas que se cierran cuando se las somete a suficiente presión aguas abajo. Hay dos tipos: de acción directa y operados por piloto.

"Una válvula reductora de presión limita la presión máxima disponible en el circuito secundario independientemente de los cambios de presión en el circuito principal. Esto supone que la carga de trabajo no genera reflujos hacia el puerto de la válvula reductora, en cuyo caso la válvula se cerrará, Figura 16. Esta válvula opera de manera opuesta a una válvula de alivio, ya que detecta la presión del circuito secundario y limita la presión máxima.

A medida que aumenta la presión en el circuito secundario, Figura 16, la fuerza hidráulica actúa sobre el área  $A$  de la válvula, reduciendo el flujo. La fuerza del resorte se opone a la fuerza hidráulica, de modo que a través de la válvula solo fluye suficiente aceite para suministrar el circuito secundario a la presión deseada. El ajuste del resorte se puede ajustar.

Cuando la presión de salida alcanza la configuración de la válvula, esta se cierra, permitiendo solo una pequeña cantidad de aceite que sale del lado de baja presión de la válvula, generalmente a través de un orificio en el carrete, y luego a través de la cámara del resorte hasta el depósito [13].

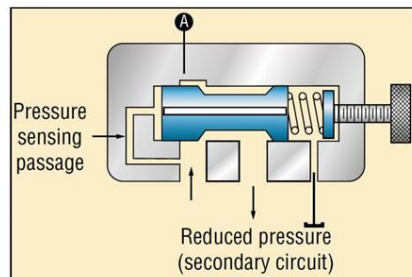


Figura 16. Válvula reductora de presión (*Engineering Essentials: Pressure-Control Valves, 2012*)

## B) Válvulas de control de flujo

El propósito de las válvulas de control de flujo en un sistema hidráulico es regular la velocidad. Todos los dispositivos que hoy discutimos controlan la velocidad de un actuador regulando el caudal. El flujo también determina la tasa de transferencia de energía a una presión dada. Ambos están relacionados en que la fuerza del actuador multiplicada por la distancia a través de la cual se mueve (carrera) es igual al trabajo hecho sobre la carga. La energía transferida debe ser igual al trabajo hecho sobre la carga. La velocidad del actuador

determina la tasa de transferencia de energía (potencia), y la velocidad, por lo tanto, es función del caudal.

### a) Válvulas de control de flujo de orificio simple y variable

un orificio simple en la línea, Figura 17a, es la manera más elemental para controlar el flujo (notar que es además una forma básica de controlar la presión). Cuando se utiliza para controlar el flujo, el orificio se coloca en serie con la bomba. Un orificio puede ser simplemente un agujero en un conector, en cuyo caso es fijo, o puede ser una válvula de aguja calibrada, en cuyo caso es variable como se muestra en la Figura 17b. Ambos controles de flujo son no compensados [14].

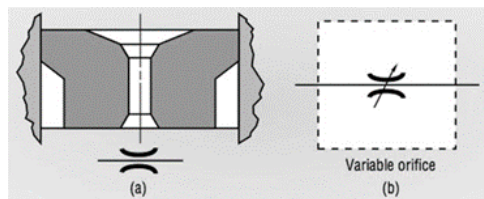


Figura 17. Válvulas de control de flujo de orificio simple y variable (Solorzano, 2017c)

### b) Válvulas de control de flujo con compensación de presión y de derivación

Es un tipo de válvula utilizada en sistemas hidráulicos para regular el flujo de fluido. Esta válvula está diseñada para mantener un flujo constante incluso cuando la presión del sistema varía. La compensación de presión garantiza que el flujo se mantenga constante independientemente de los cambios en la presión, lo que puede ser crucial para mantener un funcionamiento estable del sistema hidráulico. La función de derivación permite desviar parte del flujo al tanque de

almacenamiento como se puede ver en la Figura 18. Son comúnmente más utilizadas que las válvulas sin compensación, ya que mantienen las velocidades de los actuadores dentro de un rango mucho más preciso [15].

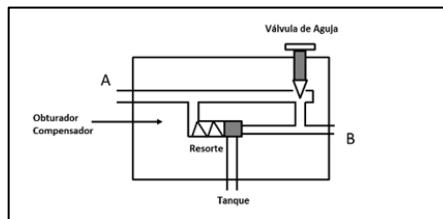


Figura 18. Válvula de flujo compensada y derivativa (Romero. Carlos, s. f.-c)

### C) Válvula antirretorno

Una válvula antirretorno permite que el fluido pase a través de ella en una única dirección. Cuando la presión del sistema en la entrada de la válvula es lo suficientemente alta como para vencer la fuerza del resorte que actúa sobre la parte móvil, esta es empujada, permitiendo el flujo a través de la válvula. Si el fluido intenta ingresar por la salida, la parte móvil es empujada hacia su asiento, bloqueando así el flujo.

Internamente, una válvula antirretorno consta de una parte móvil sobre la cual actúa la fuerza de un resorte. Esta parte móvil puede ser un disco, un émbolo o, con mayor frecuencia, un balín o un tapón como se muestra en la Figura 19.

En los sistemas hidráulicos, la válvula antirretorno es ampliamente utilizada como válvula de derivación, permitiendo que el flujo evite ciertos componentes. También se emplean para aislar secciones o componentes del sistema. La válvula antirretorno se utiliza comúnmente en tuberías conectadas a sistemas de

bombeo para prevenir golpes de ariete, especialmente en la línea de descarga de la bomba.

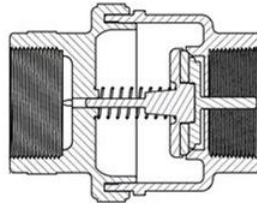


Figura 19. Válvula antirretorno («Qué Es una Válvula Check», s. f.)

#### 1.2.4. Electroválvulas

Las válvulas direccionales operadas por solenoide o electroválvulas están diseñadas para dirigir y detener el flujo en cualquier punto de un sistema hidráulico.

Una electroválvula está compuesta por una bobina que recibe una señal eléctrica de control. En su interior, hay una armadura flotante que es impactada por un flujo de aceite de dos toberas en su parte central, mientras que su extremo está conectado al émbolo de una válvula proporcional. La señal de control determina la posición del émbolo, lo que a su vez regula el flujo de las toberas, estableciendo las presiones de salida en A y B que se dirigen a ambos lados del cilindro. El conducto T conecta con el tanque de fluido hidráulico.

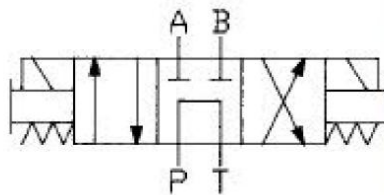



Figura 20. Símbolo de una electroválvula 4/3 con centro tándem (Sistemas, s. f.)

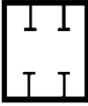
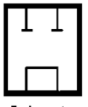
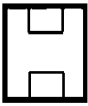
Las electroválvulas se utilizan para controlar la posición, la velocidad o la fuerza de un actuador hidráulico. Su funcionamiento es similar en estos tres aspectos: el punto de consigna de posición, velocidad o fuerza es procesado por el controlador, que envía una señal a la electroválvula para ajustar el actuador. El actuador envía una señal de retroalimentación al controlador, que la compara con el punto de consigna. La señal de error resultante hace que el controlador ajuste nuevamente el actuador hasta que la señal de error sea nula.

### **Tipos de centros en electroválvulas**

Las opciones de centro de las válvulas de control direccional se refieren a la configuración de la válvula cuando el carrete está en la posición neutral o centrada. Hay cuatro opciones principales de centro en las válvulas de control direccional: centro abierto, centro cerrado, centro tándem y centro flotante. Cada una tiene sus propias ventajas y es adecuada para diferentes aplicaciones. A continuación, en la Tabla 10 se muestra una comparativa de dichos centros.

*Tabla 10. Comparativa de los principales centros en las válvulas (Hydraulics, M., 2024)*

<b>Centro</b>	<b>Características</b>	<b>Diagrama</b>
Centro abierto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En una configuración de centro abierto, el flujo de fluido regresa al depósito cuando la válvula está en la posición neutral.</li> <li>✓ Este tipo de centro es común en aplicaciones donde no se requiere potencia hidráulica constante y la conservación de energía es una prioridad.</li> <li>✓ Los sistemas de centro abierto suelen ser más sencillos y rentables, lo que los hace adecuados para aplicaciones como equipos agrícolas.</li> </ul>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Open center</p>

<p>Centro cerrado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los sistemas de centro cerrado mantienen una presión constante en el sistema hidráulico, incluso cuando la válvula está en posición neutral.</li> <li>✓ El diseño de centro cerrado es más eficiente energéticamente ya que minimiza la necesidad de hacer circular el fluido de regreso al depósito en punto muerto, lo que puede resultar ventajoso en aplicaciones donde es esencial un suministro de energía constante.</li> <li>✓ Las configuraciones de centro cerrado se encuentran a menudo en sistemas hidráulicos industriales y móviles, como equipos de construcción y maquinaria de fabricación.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Closed center</p>
<p>Centro tándem</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Las válvulas con centro tándem presentan un diseño único que proporciona una presión constante y al mismo tiempo permite que el fluido circule libremente en la posición neutral.</li> <li>✓ Esta configuración ofrece un compromiso entre las opciones de centro abierto y cerrado, proporcionando eficiencia energética y la capacidad de redirigir el flujo de fluido según sea necesario.</li> <li>✓ Las válvulas con centro tándem se usan comúnmente en aplicaciones que requieren un equilibrio entre conservación de energía y tiempos de respuesta rápidos, como algunos tipos de maquinaria móvil.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Tandem center</p>
<p>Centro flotante</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La configuración del centro flotante en las válvulas direccionales permite un flujo de fluido sin restricciones entre los puertos de trabajo, permitiendo que los actuadores hidráulicos se muevan libremente en respuesta a fuerzas externas.</li> <li>✓ En la posición de centro flotante, la válvula permite que el fluido hidráulico circule libremente, ofreciendo adaptabilidad a las fuerzas externas sin acumular presión.</li> <li>✓ Las válvulas de centro flotante se utilizan comúnmente en maquinaria hidráulica móvil, proporcionando flexibilidad y capacidad de respuesta a condiciones variables sin la necesidad de potencia hidráulica activa, lo que las hace adecuadas para escenarios donde la adaptabilidad y el movimiento del fluido son esenciales.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Float center</p>

### **1.2.5. Tanque de aceite**

Los tanques de aceite desempeñan un papel fundamental en los sistemas oleohidráulicos, cumpliendo diversas funciones para garantizar su correcto funcionamiento. En primer lugar, sirven como depósito de aspiración e impulsión del sistema de bombeo, además de funcionar como almacén y reserva de aceite. También tienen la importante tarea de separar, en la medida de lo posible, el aire del líquido hidráulico y de refrigerar el aceite mediante la transmisión de calor a través de sus paredes hacia el exterior. Además, facilitan el contacto del aceite con la presión atmosférica y actúan como soporte para la bomba, el motor de accionamiento y otros elementos auxiliares.

Los tanques están equipados con diversos elementos para facilitar su funcionamiento y mantenimiento, como el filtro de llenado y aireador, el visor de nivel máximo y mínimo, la placa separadora de retorno-aspiración, el tapón de vaciado y la tapa para limpieza. Es crucial que el tanque esté adecuadamente ventilado para eliminar las burbujas de aire disueltas en el aceite y para evitar la contaminación del fluido hidráulico por la polución ambiental. El tapón de llenado y aireador cumple un papel clave en esta tarea.

Con el tiempo, las partículas sólidas más gruesas y los lodos formados por la degradación del aceite tienden a acumularse en la parte inferior del tanque, lo que requiere labores periódicas de mantenimiento, incluyendo el vaciado y la limpieza del tanque. La chapa separadora evita el paso de burbujas de aire del retorno hacia la aspiración de la bomba, considerando que el tanque cumple

simultáneamente la función de depósito de aspiración e impulsión del sistema. Es importante que el tubo de retorno tenga una longitud suficiente para sumergirse dentro del líquido en el tanque y evitar salpicaduras que puedan generar espuma en el aceite. Además, es común que se instale un termómetro junto con el visor de nivel para monitorear no solo el nivel de líquido, sino también su temperatura.

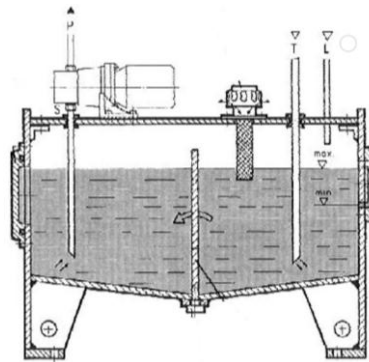


Figura 21. Ilustración de un tanque de aceite (Sarmiento, 2016)

### 1.2.6. Aceite hidráulico

El aceite hidráulico es un fluido especializado utilizado en sistemas oleohidráulicos, donde se encarga de transmitir energía mediante presión hidráulica. Compuesto por aceites base y aditivos específicos, está formulado para soportar altas presiones, temperaturas elevadas y diversas condiciones operativas, tanto en maquinaria industrial como en equipos móviles. Su función principal es actuar como medio de transmisión de energía, llevando la fuerza generada por una bomba hidráulica a través de mangueras hacia actuadores como cilindros y motores. Además de su papel en la transmisión de energía, el aceite hidráulico proporciona lubricación y refrigeración a los componentes del

sistema, lo que mejora su eficiencia operativa y prolonga su vida útil. Entre los tipos comunes de aceites hidráulicos se encuentran [18]:

**a) Aceite hidráulico Mineral**

Es uno de los tipos más comunes y ampliamente utilizados debido a su buen desempeño y costo efectivo. Está compuesto por una mezcla de aceites base minerales y aditivos. Este tipo de aceite es una opción confiable para maquinaria y equipos que operan bajo condiciones normales de presión y temperatura. Ofrece una lubricación óptima y ayuda a prolongar la vida útil de los componentes hidráulicos.

**b) Aceite hidráulico sintético**

Están formulados con compuestos químicos sintéticos y aditivos especiales. Ofrecen rendimiento superior en condiciones extremas de temperatura y presión. Son adecuados en aplicaciones industriales donde se requieren alta estabilidad térmica y resistencia a la oxidación como en la industria aeroespacial, automotriz y manufacturera. También, es adecuado en sistemas hidráulicos de alto rendimiento que requieren una lubricación y protección mayor.

**c) Aceite hidráulico biodegradable**

Este tipo de aceite es una opción responsable para empresas comprometidas con la sostenibilidad ambiental. Funciona de manera efectiva en condiciones extremas de temperatura y presión. Además, ofrece una lubricación y protección en sistemas hidráulicos de alto rendimiento. Este tipo de aceite hidráulico es

especialmente adecuado para aplicaciones en sectores como la industria marina, agrícola y forestal.

#### d) Aceite hidráulico de alta viscosidad

El aceite hidráulico de alta viscosidad garantiza un rendimiento óptimo, protección efectiva contra el desgaste y proporciona una mayor estabilidad y capacidad para soportar cargas pesadas, lo que lo hace especialmente adecuado para equipos de construcción, minería y maquinaria pesada.

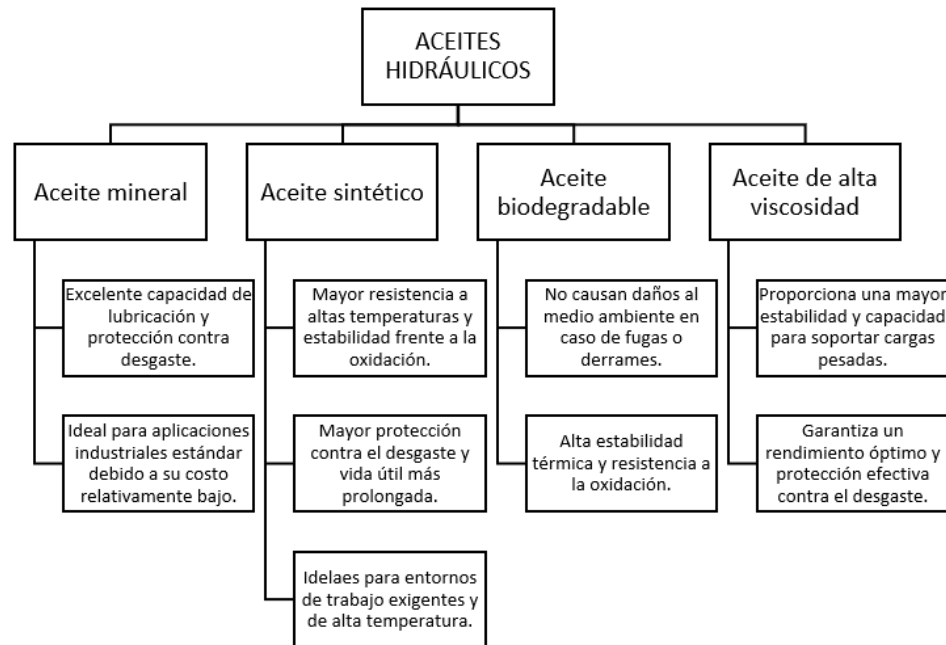
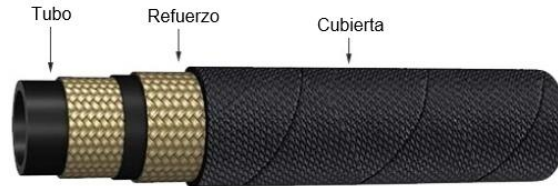


Figura 22. Características principales de los aceites hidráulicos

#### 1.2.7. Mangueras hidráulicas

La manguera hidráulica es un tubo flexible que se utiliza para transmitir un fluido de un punto a otro. El agua es el fluido más común que se transmite a través de una manguera. Otros líquidos que pueden transmitirse a través de una

manguera son el aire, el aceite, etc. Las mangueras hidráulicas están hechas de tres tipos de material: la capa interior (tubo), la exterior (cubierta) y el refuerzo (Figura 23).



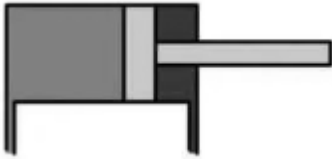
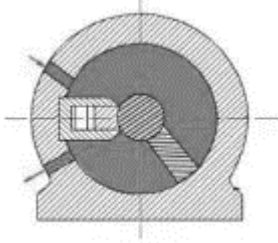
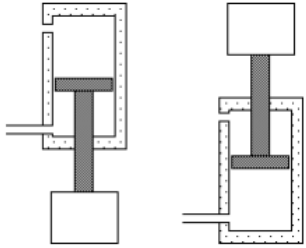
*Figura 23. Estructura de manguera hidráulica (Michael, 2023b)*

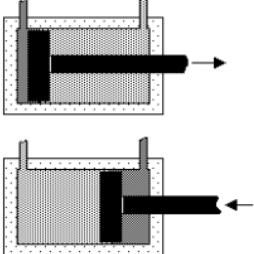
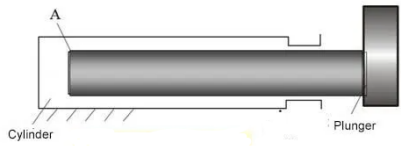
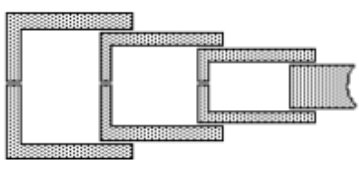
- a) Tubo: el tubo interior de la manguera hidráulica está hecho de caucho sintético y la mayoría de las mangueras hidráulicas están hechas de material de caucho. La calidad de la materia prima, el caucho, puede determinar la calidad de una manguera hidráulica desde la raíz. El diseño y la materia prima (caucho sintético) utilizados para la capa del tubo interior deben diseñarse para que sean flexibles y lo suficientemente fuertes como para transportar muchos tipos de fluidos, como agua, aceite, etc.
- b) Refuerzo: el refuerzo de la manguera hidráulica se puede diseñar con diferentes capas, el refuerzo está hecho de alambre de acero extensible, acero inoxidable y entre otros materiales.
- c) Cubierta: la cubierta de la manguera hidráulica es protectora para mantener la manguera hidráulica segura y portátil, y también está hecha de material de caucho. La cubierta se puede diseñar con ranuras para agregar mucha más fricción y proteger la manguera hidráulica de ciertos daños.

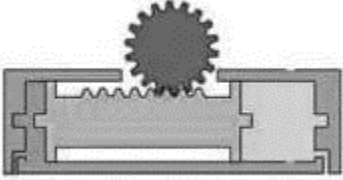
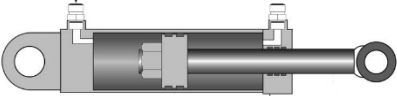
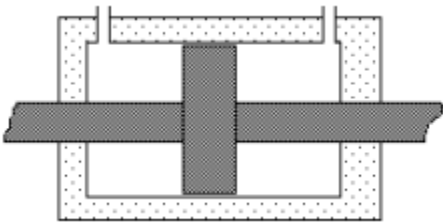
### 1.2.8. Cilindros hidráulicos

Los cilindros hidráulicos son los elementos que transforman la energía hidráulica, obtenida en la bomba, regulada y controlada por los distintos elementos de regulación y control, en energía mecánica capaz de desarrollar el movimiento y la fuerza deseadas para el trabajo a realizar. A continuación, en la Tabla 11 se describen los tipos de cilindros hidráulicos.

Tabla 11. Tipos de cilindros hidráulicos

TIPOS DE CILINDROS HIDRÁULICOS		
Se clasifica según su:	Tipo	Diagrama
Forma de movimiento	<b>Lineales:</b> Un cilindro hidráulico es un actuador lineal que se utiliza para empujar o tirar de una carga, o para resistir selectivamente el movimiento bajo la carga, por medio de la presión de un fluido	
	<b>Rotativos:</b> El cilindro hidráulico de giro puede lograr un movimiento de giro alternativo con un ángulo de menos de 360°. Debido a que puede generar un par de torsión directamente, también se le llama motor hidráulico oscilante.	
Dirección de suministro de fluido	<b>Simple efecto:</b> Los cilindros hidráulicos de simple efecto producen potencia cuando el fluido hidráulico ingresa a un solo puerto y fluye hacia el cilindro, lo que hace que este se retraiga. También llamados cilindros de empuje cuentan con un pistón de	

	<p>simple efecto que se mueve en una dirección y requiere un motor o resorte para restablecer su posición.</p>	
	<p><b>Doble efecto:</b> El fluido ingresa a un puerto y sale por un segundo puerto, lo que obliga al cilindro a retraerse y extenderse. Con dos cámaras presurizadas, los cilindros de doble acción no requieren resorte ni motor para funcionar.</p>	
<p>Estructura</p>	<p><b>Cilindro de émbolo:</b> El cilindro del émbolo se compone de un cuerpo cilíndrico, un émbolo, un manguito guía, un anillo de sellado y unos prensaestopas. El émbolo no toca la pared interna del cuerpo del cilindro, por lo que no es necesario terminar el orificio interno del cuerpo del cilindro, y la capacidad de fabricación es buena y el costo es bajo.</p>	
	<p><b>Cilindro telescópico:</b> Las características del cilindro hidráulico telescópico son: la carrera del vástago del pistón es larga y el tamaño de la estructura después de la contracción es pequeño, lo cual es adecuado para volquetes, brazos telescópicos de grúas, etc.</p>	

	<p><b>Cilindro de cremallera:</b> El cilindro de pistón de cremallera está compuesto por un cilindro de pistón de doble efecto con un vástago de cremallera y un mecanismo de piñón y cremallera. El movimiento alternativo del pistón se convierte en la rotación alternativa del eje del piñón a través del mecanismo de cremallera y engranaje.</p>	
<p>Forma del vástago del pistón</p>	<p><b>Vástago pistón simple:</b> El pistón del cilindro hidráulico de vástago de pistón único solo tiene un vástago de pistón en un extremo, y el movimiento bidireccional del pistón puede obtener diferentes velocidades y fuerzas de salida</p>	
	<p><b>Vástago pistón doble:</b> Ambos extremos del pistón del cilindro hidráulico de doble vástago tienen vástagos de pistón, que se pueden dividir en dos formas de instalación: cilindro fijo y vástago de pistón fijo.</p>	

### 1.2.9. Fuentes de corriente directa

Las fuentes de corriente directa (CD) son dispositivos fundamentales en numerosos sistemas eléctricos y electrónicos, ya que permiten suministrar una tensión continua y estable a los distintos componentes de un circuito. Se utilizan ampliamente en equipos como controladores, sensores, actuadores, motores y otros dispositivos que requieren una alimentación confiable. Existen

principalmente dos tipos de fuentes de corriente directa: las fuentes lineales y las fuentes conmutadas, cada una con características que las hacen adecuadas para diferentes aplicaciones y entornos operativos.

### **A) Fuentes de corriente directa lineal**

Una fuente de corriente directa lineal es un dispositivo que convierte corriente alterna (CA) de la red eléctrica en corriente continua (CD) mediante un proceso de regulación lineal. Este tipo de fuente de alimentación se caracteriza por su simplicidad y su capacidad para proporcionar una salida de CD muy estable y con bajo ruido, aunque a menudo a expensas de la eficiencia y del tamaño del componente.

Principio de funcionamiento de una fuente CD lineal:

- a) Transformación de voltaje: La corriente alterna CA de la red eléctrica se transforma a un nivel de voltaje más bajo o adecuado mediante un transformador.
- b) Rectificación: La señal CA transformada se convierte en corriente continua CD mediante un rectificador, que es un conjunto de diodos.
- c) Filtrado inicial: La señal CD rectificadora, que contiene rizado, se suaviza inicialmente mediante un filtro compuesto por capacitores y en algunos casos inductores.
- d) Regulación de voltaje: La señal CD filtrada se regula a un voltaje específico y se elimina por completo el rizado de la tensión utilizando un regulador de voltaje.

Podemos ver la representación gráfica de este proceso en la Figura 24

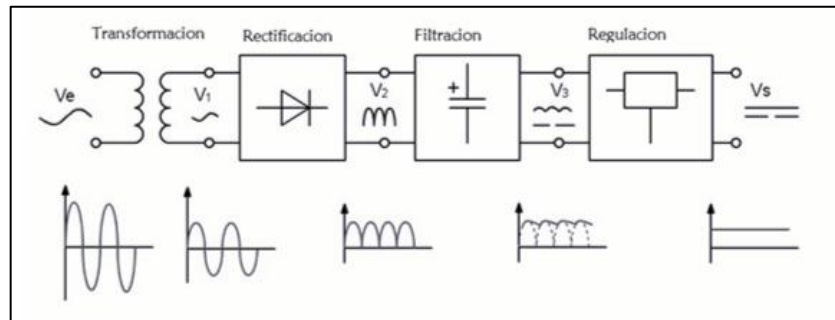


Figura 24. Fuente DC lineal (Moreno, E.)

## B) Fuentes de corriente directa conmutada

Las fuentes de corriente directa conmutada (Switching Power Supplies o SMPS, por sus siglas en inglés), son dispositivos electrónicos que convierten una forma de energía eléctrica a otra utilizando componentes electrónicos de conmutación como transistores, diodos y capacitores como se muestra en la Figura 25. A diferencia de las fuentes de alimentación lineales, las fuentes conmutadas son más eficientes y pueden manejar una gama más amplia de voltajes de entrada y salida.

Principio de Funcionamiento de una Fuente CD Conmutada:

- Rectificación inicial: La corriente alterna de la red eléctrica se convierte en una tensión pulsante mediante un rectificador conformado por un conjunto de diodos.
- Conmutación a alta frecuencia: La tensión rectificada se convierte en una señal cuadrada de alta frecuencia mediante un conmutador (transistor MOSFET o IGBT).

- c) Transformación de voltaje: La señal cuadrada de alta frecuencia pasa a través de un transformador para ajustar el voltaje al nivel deseado. El transformador también proporciona aislamiento eléctrico entre la entrada y la salida.
- d) Rectificación y filtrado de salida: La señal ajustada se convierte a CD mediante otro rectificador de diodos. Un filtro formado por un capacitor y un inductor suaviza la señal y elimina el rizado, proporcionando una salida de corriente continua estable.
- e) Control: Un controlador de retroalimentación monitorea el voltaje de salida y ajusta el ciclo de trabajo (duty cycle) de la señal PWM que controla el conmutador. Esto asegura que el voltaje de salida se mantenga constante.

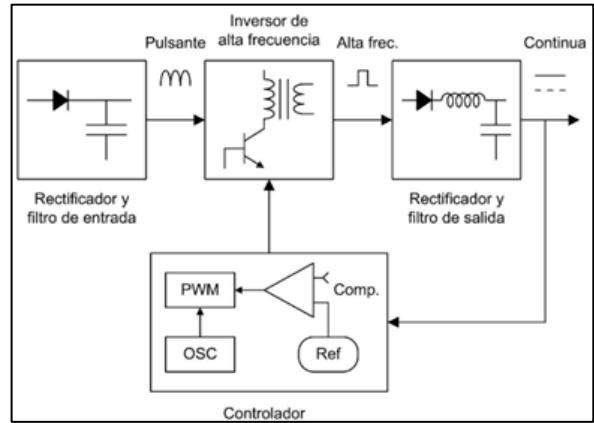


Figura 25. Fuente DC conmutada (Moreno, E.)

### 1.3. Descripción del equipo de oleohidráulica

A partir del estudio y análisis de los elementos esenciales de un circuito oleohidráulico, se determinaron todos los elementos necesarios para el diseño y

construcción del equipo oleohidráulico destinado a prácticas didácticas. Los cuales se presentan a continuación con sus especificaciones técnicas.



*Figura 26. Equipo para realizar prácticas de oleohidráulica (Sarmiento, 2016)*

### **1.3.1. Unidad de poder**

#### **A) Motor eléctrico**

El motor eléctrico forma parte de la unidad de poder del equipo de oleohidráulica, su función es convertir la energía eléctrica a energía mecánica, acoplado directamente a la bomba permitiendo así el inicio de un circuito hidráulico.

Especificaciones técnicas:

- a) Marca: MARATHON ELECTRIC
- b) Modelo: EWK 56T11O15509A
- c) Tipo de motor: Trifásico
- d) Potencia: 1.5 hp (1.1 kW)

- e) Tensión: 208 - 230 V
- f) Frecuencia: 60 Hz
- g) Velocidad de rotación: 1140 rpm
- h) Enclaustramiento: Cerrado
- i) Corriente de operación: 7 A



*Figura 27. Motor eléctrico trifásico 1.5 hp (Motor Para Ventiladores, 1-1/2 hp, 1140rpm, s. f.-c)*

## **B) Bomba hidráulica**

Dado que el equipo de oleohidráulica se emplea en prácticas didácticas de baja potencia, las presiones de operación tienen que ser inferiores o igual a 150 psi. Por tanto, a continuación, se presentan las especificaciones técnicas de la bomba utilizada en el equipo de oleohidráulica.

Especificaciones técnicas:

- a) Marca: EATON
- b) Modelo: 26005 RZE
- c) Tipo de Bomba: Engranés de desplazamiento positivo
- d) Desplazamiento: 0.84 in<sup>3</sup>/rev (13.8 cm<sup>3</sup>/rev)
- e) Temperatura de operación: -29°C a 105°C
- f) Presión máxima de operación: 3500 psi. (24.13 MPa)

g) Viscosidad mínima de aceite: 5.7 cSt a 100°C

h) Máximo torque de rotación a 0 psi: 36 lb.in



Figura 28. Bomba hidráulica EATON 26005 RZE (Hanson Inc., s. f.)

Con las características del motor eléctrico descrito anteriormente, la velocidad síncrona de 1140 rpm y la potencia de 1.5 hp, la bomba seleccionada puede producir aproximadamente 500 psi. Por tanto, la bomba de engranes de desplazamiento positivo fue correctamente seleccionada como se presenta en el Gráfico 1.

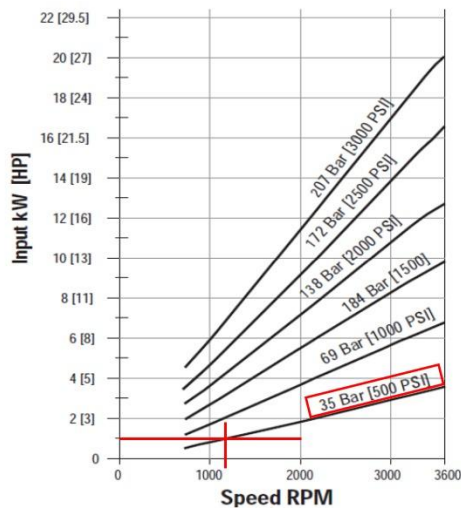


Gráfico 1. Curva de presión de bomba de desplazamiento positivo (Hanson Inc., s. f.)

### C) Válvula de alivio de presión

La válvula de alivio forma parte de la unidad de poder del equipo de oleohidráulica. Su función principal, como indica su nombre, es aliviar o liberar automáticamente la presión excesiva del sistema cuando esta alcanza un nivel crítico preestablecido. Esto evita daños en el sistema, tales como fugas, explosiones o fallos en componentes debido a presiones demasiado altas.

Especificaciones técnicas:

- a) Tipo: Válvula de cartucho, con control antirretorno
- b) Marca: EATON VIKERS
- c) Modelo: RV2-10-S-0-35
- d) Rango de regulación: 250 a 3500 psi
- e) Presión máxima: 5000 psi
- f) Flujo de control: 3 a 30 gpm
- g) Temperatura de operación: -40°C a 120°C

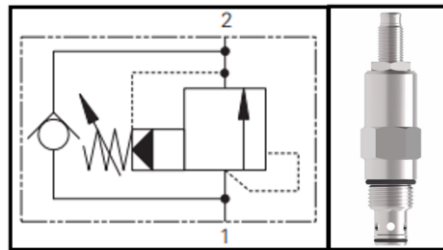


Figura 29. Simbología de la válvula RV2-10-S («Hydraulic Screw-in Cartridge Valves», 2018)

#### **D) Tanque de aceite hidráulico**

En este apartado se presentan las dimensiones físicas del tanque de aceite hidráulico y los materiales utilizados para su construcción, los cuales fueron seleccionados en función de los requerimientos del sistema oleohidráulico.



Figura 30. Tanque de aceite del equipo oleohidráulico

### a) Dimensiones

Para el dimensionamiento del tanque de aceite se calculó el volumen de aceite mínimo que debería poder contener dicho recipiente más un factor de seguridad de 5 debido a que debe existir un espacio para la una columna de aire dentro. Dicho volumen mínimo tiene en cuenta el volumen máximo de cada una de las mangueras hidráulicas, sus interconexiones y el volumen de otros elementos como los dos cilindros. Con lo anteriormente mencionado se determinó que el volumen mínimo del tanque debe ser de 1.5 galones ya incluyendo el factor de seguridad. A continuación, se muestran las dimensiones del tanque en centímetros:

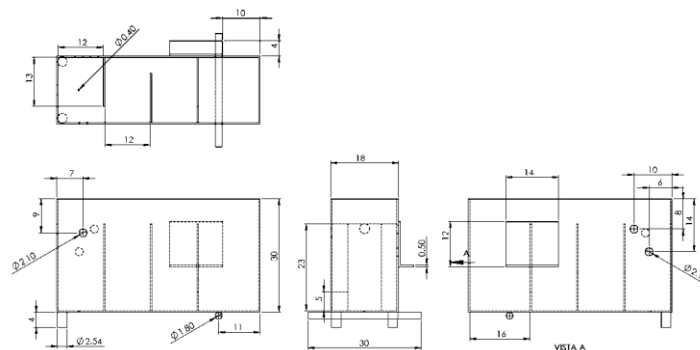


Figura 31. Dimensiones del tanque de aceite en centímetros (Sarmiento, 2016)

## b) Materiales de construcción

El tanque de aceite hidráulico fue construido a partir de materiales seleccionados específicamente para cumplir con los requerimientos estructurales y funcionales del sistema, los cuales se detallan en la Tabla 12. El proceso de fabricación incluyó diversas etapas, desde el corte y soldadura de las piezas metálicas hasta la colocación de deflectores, ductos, soportes y ruedas. Además, se realizaron tareas de limpieza, lijado, aplicación de base anticorrosiva y pintura industrial. Para llevar a cabo estas actividades se utilizaron herramientas como soldadora MIG, equipo de corte por plasma, pulidora, taladro de banco, entre otras.

Tabla 12. Inventario de material para elaboración del tanque (Sarmiento, 2016)

No.	Material	Cantidad
1	Lámina de hierro 5 mm.	1
2	Angulo de hierro de 2" x 5mm	1
3	Pernos y tuercas de 1/4" x 2"	6
4	Pliego de hule negro	1
5	Tacos de goma de 1"	2
6	Ruedas de 3" de goma	2
7	Caño negro de 1"	1
8	Tubería de 1/8" galvanizada	1
9	Thinner corriente (Botella)	1
10	Base anticorrosiva ( ¼ galón)	1
11	Pintura anticorrosiva de uso industrial	1
12	Lija para hierro 100	3

## E) Aceite hidráulico

El aceite hidráulico utilizado en el sistema responde a las especificaciones requeridas por la bomba, cuya temperatura de operación se encuentra en el rango de -29 °C a 105 °C y exige una viscosidad mínima de 5.7 cSt a 100 °C. Dado que las aplicaciones del equipo no exigen condiciones particulares más allá de una adecuada transmisión de potencia, no fue necesario establecer requisitos

adicionales. En función de estos parámetros, el aceite empleado presenta las siguientes características (Figura 32).

Nuto H 32	
Viscosidad ASTM D445	5.4 cSt a 100°C
Índice de viscosidad , ASTM D2270	104
Densidad 15°C, ASTM D4052	0.872
Punto de fluidez, D97 de ASTM D 92	-24 °C
Punto de inflamación, COC, ASTM D 92	212 °C
Demulsibilidad a 54°C, ASTM D1401	15

Figura 32. Propiedades de aceite Mobil Nuto H 32

## F) Filtro de aceite

Un filtro de aceite es un dispositivo diseñado para purificar y limpiar el aceite lubricante en un motor o sistema mecánico al atrapar partículas contaminantes y sedimentos, evitando que lleguen a los componentes críticos y protegiendo así el motor o maquinaria de un desgaste prematuro y daño.

Especificaciones técnicas:

- a) Marca: STAUFF
- b) Modelo: 068 - N16F – 140
- c) Ubicación: Succión de tanque
- d) Conexión: 1" NPT
- e) Superficie de filtrado: 144 in<sup>2</sup> (6.45 cm<sup>2</sup>)
- f) Taza de flujo máximo: 12 gpm (0.74 l/s)
- g) Rango de temperatura de operación: - 20°C a 100°C
- h) Material del filtro: acero inoxidable
- i) Filtro de: 150 µm



Figura 33. Filtro STAUFF 068-N16F-140 (SUS-068-N16-140-125-A-O | STAUFF, s. f.)

### 1.3.2. Módulo de control de presión

#### A) Válvula reguladora de presión

El módulo de control de presión cuenta con dos válvulas de RV3 con la diferencia que estas tienen un rango de regulación diferente al de la válvula de alivio.

Especificaciones técnicas:

- a) Tipo: Válvula de cartucho, con control antirretorno
- b) Marca: EATON VIKERS
- c) Modelo: RV3-10-S-0-3/
- d) Rango de regulación: 50 a 300 psi
- e) Presión máxima: 3000 psi
- f) Flujo de control: 3 a 30 gpm
- g) Temperatura de operación: -40°C a 120°C

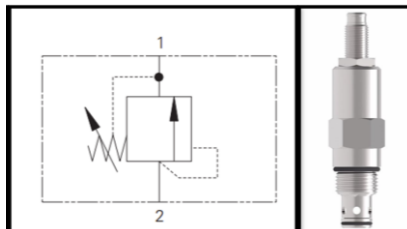


Figura 34. Válvula de control de presión RV3-10-S («Hydraulic Screw-in Cartridge Valves», 2018)

## **B) Bloques manifold**

Denominado también carcasa para válvulas de cartucho o cuerpo manifold, proporciona un soporte estructural robusto y una interfaz estandar para la instalación de las válvulas, facilitando su integración al sistema hidráulico. Además, este elemento organiza y consolida múltiples funciones hidráulicas en un solo bloque, optimizando tanto el diseño como el mantenimiento del sistema, así mejorando la eficiencia operativa y la facilidad del servicio técnico.

Especificaciones técnicas:

- a) Marca: EATON Vickers
- b) Modelo: 566201 (20055A)
- c) Material: Aluminio
- d) Presión máxima de trabajo: 3000 psi (20.7 MPa)
- e) Medida: ¼" NPT



*Figura 35. Carcasa para válvulas de cartucho EATON Vickers ((REM-B HYDRAULICS, 2023)*

### **1.3.3. Módulo de control de flujo y válvulas antirretorno**

#### **A) Válvula de control de flujo**

Este módulo consiste en una válvula reguladora de caudal con orificio variable y control antirretorno. Su función es gestionar el caudal para regular la velocidad de los actuadores o el flujo en una línea específica del sistema. La válvula de control de flujo genera una resistencia adicional al paso del aceite hidráulico, lo que aumenta la presión en el sistema. El flujo excedente, no regulado por la válvula, se libera a través de la válvula de alivio.

Especificaciones técnicas:

- a) Tipo: Válvula reguladora de flujo unidireccional
- b) Marca: DELTROL
- c) Modelo: EF20S
- d) Medida: ¼" NPTF
- e) Presión máxima de trabajo: 5000 psi
- f) Flujo de control: 6 gpm
- g) Material: Acero al carbono
- h) Temperatura de operación: -34°C a 93°C



*Figura 36. Válvula de control de caudal EF20S («Flow Control», 2016)*

## **B) Válvulas antirretornos**

Las válvulas antirretornos proporcionan una notable versatilidad en el equipo de prácticas oleohidráulicas, ya que pueden operar junto con otros elementos de control de manera paralela. Esto permite regular el flujo tanto en el sentido original como en el de retorno.

Especificaciones técnicas:

- a) Tipo: Válvula antirretorno o check
- b) Marca: DELTROL
- c) Modelo: EC20S
- d) Medida: 1/4" NPTF
- e) Presión máxima de trabajo: 5000 psi
- f) Flujo de control: 6 gpm
- g) Material: Acero al carbono
- h) Temperatura de operación: -34°C a 93°C



*Figura 37. Válvula check EC20S («EC20S | Deltrol Fluid Products», s. f.)*

#### **1.3.4. Módulo de actuadores**

##### **Cilindro hidráulico de doble efecto**

El módulo de actuadores está compuesto de dos cilindros hidráulicos de doble efecto y sus dimensiones están seleccionadas con respecto a su uso, en

propósitos educativos y su facilidad de instalación en los módulos de montaje, a continuación, se enlistan las especificaciones técnicas:

- a) Marca: SURPLUS CENTER
- b) Modelo: 9-1649-06
- c) Diámetro: 1" (25.4 mm)
- d) Carrera: 6" (153.6 mm)
- e) Diámetro vástago: ½" pul. (12.7 mm)
- f) Presión de trabajo máxima: 1500 psi. (10.34 MPa)
- g) Puertos: ¼" NPT
- h) Longitud extendida: 12.5" (320mm)



*Figura 38. Cilindro hidráulico de doble efecto (1x6x0.5 Double Acting Hydraulic Cylinder, s. f.)*

Conociendo ahora las dimensiones y especificaciones del cilindro de doble efecto, se procederá a analizar sus atributos operativos. Dado que la bomba suministra una presión de trabajo máxima de 150 psi.

$$F = P_{max}A_c$$

Sustituyendo valores:

$$F = (150 \text{ psi}) \left( \frac{\pi * 1^2}{4} \right)$$

$$F = 117.81 \text{ lb}$$

La velocidad máxima con la que se moverán los vástagos de los cilindros se calcular en base al caudal máximo que se podría proporcionar por la bomba sabiendo que este es de 4.14 gpm (15.96 pulg) como se determinó en el análisis de las mangueras hidráulicas, por lo tanto, se tiene lo siguiente:

$$Q = A * v$$

Despejando para la velocidad:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Sustituyendo valores:

$$v_{ext} = \frac{15.96}{\frac{\pi * 1^2}{4}} = 20.32 \frac{\text{pulg}}{\text{s}} = \mathbf{0.52 \frac{m}{s}}$$

$$v_{ret} = \frac{15.96}{\left(\frac{\pi}{4}\right) (1^2 - 0.5^2)} = 27.1 \frac{\text{pulg}}{\text{s}} = \mathbf{0.69 \frac{m}{s}}$$

### 1.3.5. Módulo de control direccional

#### A) Electroválvula 4/3 con centro tándem

El módulo de control direccional se encuentra en la parte inferior derecha de la porta módulos, en él se encuentra la electroválvula 4/3 encima de su respectiva base. Este módulo permite controlar la dirección del flujo hacia los actuadores o cilindros de manera que sus vástagos puedan salir y entrar.

La electroválvula que se encuentra en el módulo de control direccional tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- a) Tipo: Direccional 4/3 con tándem
- b) Marca: EATON
- c) Modelo: DG4V-3S-8C-VM-U-H5-61
- d) Presión de operación: 1500 psi (10.35 Mpa)
- e) Presión máxima: 3000 psi (20.7 Mpa)
- f) Flujo de control: 3 a 12 gpm (0.19 a 0.38 L/s)
- g) Accionamiento: Eléctrico con solenoide
- h) Voltaje: 24 V CD 30W



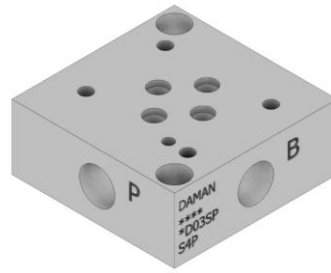
*Figura 39. Electrovalvula EATON DG4V-3S-8C-VM-U-H5-61*

## **B) Placa de conexión para válvula direccional**

También denominada placa base o manifold, su función principal es permitir el montaje de válvulas direccionales, facilitar la integración de estas en un sistema hidráulico y dirigir el flujo hidráulico entre circuitos hidráulicos. Este elemento proporciona una interfaz estandarizada para el montaje de válvulas, optimizando la organización y simplificando el enrutamiento del fluido hidráulico.

Especificaciones técnicas:

- a) Marca: DAMAN
- b) Modelo: AD03SPS4P
- c) Material: Aluminio
- d) Presión máxima de trabajo: 3000 psi (20.7 MPa)
- e) Conexión: NPTF
- f) Conexión: 3/8"



*Figura 40. Placa de conexión DAMAN AD03SPS4P (AD03SPS4P - Daman Products, s. f.)*

### **1.3.6. Mangueras hidráulicas**

Una manguera hidráulica es un componente esencial en los sistemas oleohidráulicos que se utilizan para transmitir fluidos a presión, como aceite, en maquinaria industrial y aplicaciones similares. Estas mangueras están diseñadas para soportar altas presiones y temperaturas, y están construidas con materiales resistentes y duraderos para asegurar la seguridad y la eficiencia en la transmisión de fluidos hidráulicos.

Las mangueras hidráulicas constan generalmente de varias capas, que pueden incluir una capa interna que entra en contacto directo con el fluido, una capa de refuerzo que proporciona resistencia a la presión y una capa externa que

protege la manguera de daños mecánicos y ambientales. Están disponibles en una variedad de tamaños y especificaciones para adaptarse a diferentes aplicaciones y requisitos de flujo.

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas de las mangueras de succión y descarga detallando marca, modelo, diámetro externo y diámetro interno, entre otros aspectos:

Mangueras de succión:

- a) Marca: COVALCA
- b) Modelo: 1SN EN 853 - EXCEDE SAE 100R1AT
- c) Diámetro interno: 1 pulg. (25.4 mm)
- d) Diámetro externo: 1.4 pulg. (35.3 mm)
- e) Presión de trabajo máxima: 1255 psi (8.65 MPa)
- f) Presión de ruptura: 5020 psi. (34.6 MPa)
- g) Radio mínimo de curvatura: 11.8 pulg. (300mm)
- h) Temperatura de operación: -40°C a 121° C
- i) Material: Goma sintética resistente al aceite
- j) Refuerzo: Una capa de acero de alta resistencia

Mangueras de descarga:

- a) Marca: COVALCA
- b) Modelo: 1SN EN 853 - EXCEDE SAE 100R1AT
- c) Diámetro interno: ½ pulg (12.7 mm)
- d) Diámetro externo: 0.81 pulg (20.6 mm)



- e) Presión de trabajo máxima: 2295 psi. (15.8 MPa)
- f) Presión de ruptura: 9180 psi. (63.3 MPa)
- g) Radio mínimo de curvatura: 7.01 pul. (178mm)
- h) Temperatura de operación: -40°C a 120° C
- i) Material: Goma sintética resistente al aceite
- j) Refuerzo: Una capa de acero de alta resistencia



Figura 41. Mangueras hidráulicas del equipo de oleohidráulica

### 1.3.7. Accesorios de interconexión

Tabla 13. Accesorios de interconexión del equipo oleohidráulico (Sarmiento, 2016)

ACCESORIO	MEDIDA	IMAGEN	CARACTERISTICAS
Tapón	NPT 1/4"		<b>Material:</b> Acero inoxidable AISI 304
Niple rosca toda	NPT 1/4"		

Niple roscado con hexágono	NPT ¼"		<b>Presión máxima:</b> 3000 psi
Reductor	NPT 3/8" a ¼"		
Codo	NPT ¼"		

### 1.3.8. Manómetros

El criterio de selección para los manómetros fue la máxima presión que la bomba puede proporcionar es de 500 psi, por ende, se buscó que dichos manómetros soportaran dicha presión, en base a esto se seleccionó el siguiente manómetro cuyas especificaciones se muestran a continuación:

- a) Presión máxima de escala: 1000 psi. (6.9 Mpa)
- b) Modelo: WK8024
- c) Rango de medición: 0 a 1000 psi. (0 a 6.9 Mpa)
- d) Acople: ¼" NPT de bronce
- e) Caratula: Policarbonato de 2" (50.8 mm)
- f) Posición: Vertical
- g) Disco de seguridad contra ruptura
- h) Con glicerina



Figura 42. Manómetro del equipo de oleohidráulica

### 1.3.9. Estructura metálica del equipo

La estructura metálica del equipo de prácticas oleohidráulicas sirve como base para montar y almacenar los módulos de control y actuadores. Esta estructura se ha definido en función de los criterios de diseño, restricciones y requisitos de funcionamiento. Por lo tanto, se consideraron los siguientes materiales y técnicas de unión para su construcción.

- a) Tubo estructural rectangular de 2"x1" chapa 14
- b) Tubo estructural cuadrado de 1" chapa 14
- c) Lamina de hierro de 3/32"
- d) Angulo de 1" de 5 mm de espesor
- e) Soldadura MIG de hierro simple al carbón de 0.6 mm

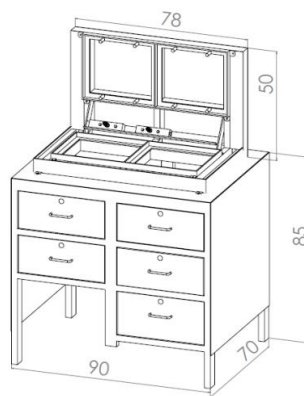


Figura 43. Estructura del equipo de oleohidráulica (Sarmiento, 2016)

### 1.3.10. Fuente de corriente directa

La fuente de corriente directa se encarga de suministrar energía eléctrica a la electroválvula direccional. Esta fuente cuenta con dos salidas de tensión debido a que la electroválvula recibe señales de ambos puertos para ser desplazada en las dos direcciones permisibles.

Especificaciones técnicas:

- a) Marca: Techman
- b) Modelo: TPS - 2405
- c) Voltaje de entrada: 100 – 120 V
- d) Voltaje de salida: DC 24 V
- e) Amperios: 5 A
- f) Frecuencia: 60 Hz
- g) Cantidad de salida: 2



Figura 44. Fuente DC TPS-2405 (VELASCO STORE, s. f.)

### 1.4. Simbología hidráulica

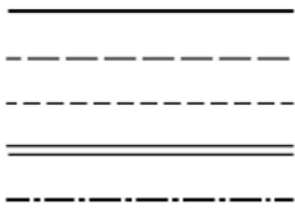

Para obtener una visión general de un sistema o circuito, es necesario un método de representación, es decir, un dibujo o diagrama que muestre todos los componentes y las conexiones entre ellos.

















Un diagrama o esquema bien elaborado permite comprender fácilmente el funcionamiento del conjunto sin necesidad de una descripción detallada. Para facilitar esta comprensión, los componentes se representan mediante símbolos estandarizados. Estos símbolos reflejan esquemáticamente el funcionamiento interno y el sistema de control o regulación de los componentes.

A nivel internacional, las normas ISO 1219-1 e ISO 1219-2, adoptadas en España como la norma UNE-101 149 86, establecen los símbolos que deben utilizarse en los esquemas neumáticos e hidráulicos. En este apartado, se enfocará en la simbología de esta norma.

### A) Simbología general

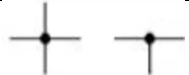




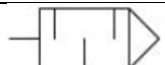
Tabla 14. Simbología hidráulica general (Fuente: Roca Ravell, F, 1997)




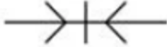





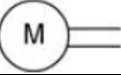

Descripción	Símbolo	Aplicaciones
<b>1. Básicos</b>		
1.1 Líneas continuas Trazo largo Trazo corto Doble Cadena larga		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Línea principal</li> <li>-Línea secundaria</li> <li>-Línea de drenaje o pilotaje</li> <li>-Conexión mecánica (eje, palanca, etc)</li> <li>-Envoltura (límite de un conjunto)</li> </ul>
1.2 Círculos, semicírculos Grande Mediano Pequeño Muy pequeño Semicírculo		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Unidades de conversión de energía (bombas, motores, compresores)</li> <li>-Instrumentos de medida</li> <li>-Conexiones rotativas, válvulas con bola</li> <li>-Accionadores mecánicos</li> <li>-Actuadores rotativos</li> </ul>

1.3 Cuadros y rectángulos		Generalmente válvulas de control (excepto antirretornos)
1.4 Rombos		Aparatos acondicionadores (filtros, separadores, lubricadores, intercambiadores, etc.)
1.5 Varios	   	-Conexión entre líneas -Muelle -Restricción (afectada por la viscosidad) -Restricción (no afecta por los viscos)
<b>2. Funcionales</b>		
2.1 Triángulos Sólidos Hueco	 	-Dirección del fluido hidráulico -Dirección del fluido neumático
2.2 Flechas	      	-Dirección y sentido de giro  -Vías y dirección (internas en válvulas)
2.3 Flecha inclinada		Posibilidad de regulación o variación

## B) Simbología de conexiones



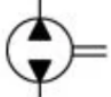


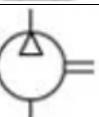
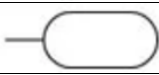
Tabla 15. Simbología de conexiones hidráulicas (Roca Ravell, F, 1997)



Símbolo	Descripción
	Unión de tuberías
	Cruce de tuberías
	Manguera
	Acople rotante
	Línea eléctrica
	Silenciador

	Fuente de presión (hidra. /neum)
	Conexión de presión cerrada
	Línea de presión cerrada
	Acople rápido sin retención, acoplado
	Desacoplado, línea abierta
	Desacoplado, línea cerrada
	Escape sin rosca
	Escape con rosca
	Retorno a tanque
	Motor eléctrico
	Motor de combustión interna

### C) Simbología de bombas

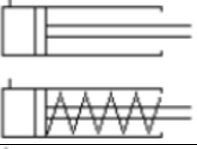
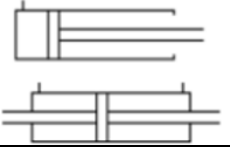
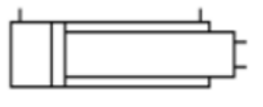
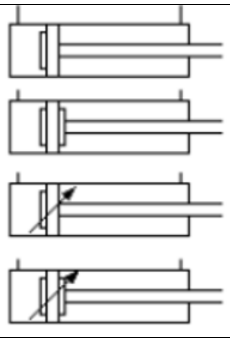

Tabla 16. Simbología de bombas hidráulicas (Roca Ravell, F, 1997)

Símbolo	Descripción
	Bomba hidráulica de flujo unidireccional
	Bomba hidráulica de caudal variable
	Bomba hidráulica de caudal bidireccional
	Bomba hidráulica de caudal bidireccional variable
	Mecanismo hidráulico con bomba y motor
	Compresor para aire comprimido
	Depósito

	Depósito hidráulico
	Depósito neumático

## D) Simbología de actuadores hidráulicos

Tabla 17. Simbología de actuadores hidráulicos (Roca Ravell, F, 1997)

Descripción	Símbolo	Aplicaciones
<b>5. Cilindros</b>		
5.1 De simple efecto		-Retorno por fuera sin especificar -Retorno por muelle
5.2 De doble efecto		-Con vástago -Con doble vástago
5.3 Diferencial		Depende de la diferencia de áreas a ambos lados del pistón
5.4 Con amortiguador		-Amortiguador simple y fija -Amortiguador doble y fija -Amortiguador simple y ajustable -Amortiguador doble y ajustable
5.5 Telescopio		-De simple acción -De doble acción

## E) Simbología de válvulas direccionales

Tabla 18. Simbología de válvulas direccionales (Roca Ravell, F, 1997)















Descripción	Símbolo
-------------	---------

Válvula 2/2 en posición normalmente cerrada	
Válvula 2/2 en posición normalmente abierta	
Válvula 3/2 en posición normalmente cerrada	
Válvula 3/2 en posición normalmente abierta	
Válvula 4/3 en posición neutra normalmente cerrada	
Válvula 4/3 en posición neutra escape	
Válvula 4/3 en posición central con circulación	
Válvula 5/2	
Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada	
Válvula 5/3 en posición neutra escape	

## F) Simbología de accionamientos


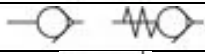


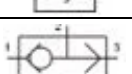
Tabla 19. Simbologías de accionamientos hidráulicos (Roca Ravell, F, 1997)

Descripción	Símbolo
Mando manual en general, pulsador	
Botón pulsador, seta, control manual	
Mando por palanca, control manual	

Mando por pedal, control manual	
Mando por llave, control manual	
Mando con bloqueo, control manual	
Muelle, control mecánico	
Palpador, control mecánico general	
Rodillo palpador, control mecánico	
Rodillo escamoteable, accionamiento en un sentido, control mecánico	
Mando electromagnético con una bobina	
Mando electromagnético con dos bobinas actuando de forma opuesta	
Control combinado por electroválvula y válvula de pilotaje	
Mando por presión, con válvula de pilotaje neumático	
Presurizado neumático	
Pilotaje hidráulico, con válvula de pilotaje	
Presurizado hidráulico	

### G) Simbología de válvulas de bloqueo, flujo y presión

Tabla 20. Simbología de válvulas de bloqueo, flujo y presión (Fuente: Roca Ravell, F, 1997)

Descripción	Símbolo
Válvula de cierre	
Válvula de bloqueo (antirretorno)	
Válvula de retención pilotada (Pe>Pa->Cierre)	
Válvula de retención pilotada (Pa>Pe->Cierre)	
Válvula O (OR), selector	

Válvula de escape rápido, válvula antirretorno	
Válvula de escape rápido, válvula antirretorno, doble efecto con silenciador	
Válvula Y (AND)	
Orificio calibrado (1° Fijo, 2° regulable)	
Estrangulación (1° Fijo, 2° regulable)	
Válvula estranguladora unidireccional a diafragma	
Válvula estranguladora, unidireccional, válvula antirretorno de regulación en un sentido	
Válvula estranguladora, antirretorno con regulador de caudal (Conex. Instantánea)	
Válvula estranguladora de caudal de dos vías	
Distribución de caudal	
Eyector de vacío, válvula de soplado de vacío	
Eyector de vacío, válvula de soplado de vacío con silenciador	
Válvula limitadora de presión	
Válvula limitadora de presión pilotada	
Válvula de secuencia por presión	
Presostato neumático	

### 1.5. Generalidades del diagnóstico

Un diagnóstico es un proceso sistemático de evaluación y análisis destinado a identificar la naturaleza y causa de problemas en sistemas, equipos o componentes. Este implica la recopilación y revisión de datos, inspección visual, uso de herramientas de medición y prueba, análisis detallado e interpretación de

resultados aplicando conocimientos especializados para determinar la raíz del fallo.

Utilizando metodologías avanzadas como el análisis de causa raíz, que examina las causas fundamentales de los problemas para prevenir su recurrencia; el diagnóstico predictivo, que emplea técnicas de monitoreo continuo y análisis de tendencias para anticipar fallos antes de que ocurran; y el modelado, que simula el comportamiento del sistema para predecir y mitigar problemas potenciales, se desarrollan estrategias efectivas de reparación, mantenimiento preventivo y mejora de procesos, asegurando seguridad operativa, funcionamiento óptimo y seguro, optimización de costos, prolongación de la vida útil y mejora de la eficiencia del sistema, equipos o componentes.

#### **1.5.1. Técnicas del diagnóstico en el mantenimiento**

Las técnicas de diagnóstico incluyen una serie de revisiones que buscan determinar las condiciones de trabajo de los sistemas, equipos o componentes. Estas técnicas forman parte del mantenimiento basado en la condición, el cual detecta posibles fallos menores que, de no ser atendidos, podrían causar serios problemas en la maquinaria industrial.

Estas técnicas son ampliamente utilizadas en entornos industriales para el mantenimiento de maquinaria eléctrica y de otros tipos. Forman parte de un plan de seguimiento y evaluación de las condiciones de estructuras y equipos.

- **Técnica de inspección conductiva:**

Se les conoce como rondas de operación, ya que pueden ser realizadas por el personal de la planta encargado de manipular los equipos. En este proceso, se utilizan los sentidos, prestando atención a sonidos, olores, y cambios visuales o de textura en las máquinas que puedan indicar alteraciones en su funcionamiento.

Estas inspecciones suelen llevarse a cabo a diario o durante los cambios de turno, y son muy efectivas para identificar fallas.

- **Inspecciones sensoriales detalladas:**

A diferencia de las rondas de operación, esta técnica de diagnóstico es ejecutada exclusivamente por especialistas en mantenimiento. En algunos casos, es necesario detener y desmontar total o parcialmente la maquinaria. Aunque se programan con menos frecuencia, son igualmente importantes para detectar fallos que no son perceptibles por los operarios.

- **Técnica de análisis fuera de línea:**

Esta técnica de diagnóstico requiere el traslado de instrumentos específicos a las instalaciones, los cuales se instalan temporalmente en la maquinaria. Con esta técnica, se establecen relaciones entre una variable y un fallo detectado mediante observación conductiva. Una vez que los instrumentos han registrado los datos, se retiran y pueden ser utilizados en otros equipos para verificaciones posteriores.

Al tratarse de una técnica de mantenimiento preventivo, su ejecución se programa con mayores intervalos en el calendario, como trimestral o semestral, dependiendo sea necesario.

Algunas de las mediciones más comunes son.

- Vibración
- Humos de combustión
- Análisis de aceite
- Termografías
- Ultrasonidos
- Pruebas eléctricas para motores
- Boroscopias

▪ **Análisis con instrumentación instalada en línea**

Cada vez con más frecuencia, la maquinaria industrial está equipada con sensores conectados a una computadora. Estos sensores miden la vibración, la temperatura y otros factores, los cuales se comparan con su rango estándar para determinar si la máquina está funcionando dentro de parámetros normales o no. Aplicando estas técnicas al mantenimiento de maquinaria y equipos, podremos identificar si los equipos presentarán fallas que requieran mantenimiento correctivo [43].

**1.5.2. Etapas del diagnóstico en un equipo de oleohidráulica**

La metodología de diagnóstico abarca diversas etapas que integran inspección visual, pruebas funcionales, análisis de fluidos y evaluación de componentes

críticos. A continuación, se presentan a detalle las principales etapas del diagnóstico en un equipo de oleohidráulica [46]:

- a) Recopilación de datos iniciales: en la primera etapa se realiza una revisión del historial del mantenimiento, registros y fallas anteriores que el equipo haya podido presentar. Además, se da la documentación de las condiciones actuales de operación, incluyendo presiones, temperaturas, caudales y tiempos de ciclo.
- b) Inspección visual: se ejecuta la inspección en componentes externos como en mangueras, conexiones, válvulas, filtros y cilindros para identificar signos visibles de desgaste, daño, fugas de aceite o contaminación. También, se realiza la verificación del nivel y estado del aceite hidráulico, incluyendo color, viscosidad y presencia de partículas.
- c) Pruebas funcionales: se da la evaluación del rendimiento del sistema bajo condiciones de cargas normales y extremas para identificar cualquier desviación en el comportamiento esperado. También, se realizan pruebas de presión donde se dan la medición de las presiones de operación en diferentes puntos del sistema utilizando manómetros calibrados para detectar caídas de presión anormales o fluctuaciones inusuales.
- d) Análisis de fluido: en esta etapa, se recolectan muestras de aceite hidráulico y se envían a laboratorios especializados para su análisis. Se evalúan parámetros como la viscosidad, contenido de agua, índice de acidez y presencia de partículas contaminantes. Posteriormente, los

resultados del análisis de laboratorio se interpretan para determinar con precisión el estado del fluido y detectar posibles contaminantes.

- e) Evaluación de componentes críticos: los componentes esenciales de un equipo oleohidráulico incluyen la bomba, el motor y las válvulas. Para la bomba y el motor, se efectúan inspecciones y pruebas específicas para evaluar su eficiencia volumétrica y mecánica, así como para identificar posibles anomalías, tales como ruidos o vibraciones excesivas. En cuanto a las válvulas, se realizan pruebas exhaustivas en las válvulas direccionales, de alivio y de control de caudal, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y calibración adecuada.
- f) Diagnostico predictivo: se instalan sensores y sistemas de monitorio en línea para registrar datos de tiempo real sobre vibraciones, temperaturas y presiones, facilitando la detección temprana de posibles fallos. Con los datos recolectados se analizan mediante software de diagnóstico, permitiendo identificar tendencias y predecir fallas inminentes a partir de patrones históricos.
- g) Análisis causa raíz: empleando técnicas como el diagnostico de Ishikawa y el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) se realiza un análisis detallado de las fallas identificadas para determinar su causa raíz. Luego, se elabora un informe técnico que incluye los hallazgos del diagnóstico, las causas raíz de las fallas y las recomendaciones para su corrección y prevención.

h) Acciones correctivas y preventivas: en la etapa final, se procede con la reparación y mantenimiento, implementando acciones correctivas basadas en los resultados del diagnóstico; esto incluye la reparación o reemplazo de componentes defectuosos y la realización de mantenimiento preventivo. Además, se presentan propuestas de mejoras en el diseño y operación del sistema oleohidráulico para incrementar su confiabilidad y eficiencia.

#### **1.6. Detección de fallas en componentes fundamentales de equipos oleohidráulicos**

Con el fin de realizar un diagnóstico adecuado al equipo de oleohidráulica es indispensable estudiar las distintas actividades que se le deben de realizar a cada uno de los componentes para detectar fallas, daños o condiciones inseguras para la operación del equipo en general. El estudio de fallas sirve para analizar las averías que se producen en los componentes del equipo, con el fin de determinar cuáles son sus causas y qué medidas se pueden adoptar para mejorar los procedimientos y prevenir accidentes.

En el desarrollo de este contenido, se presentan una serie de actividades aplicadas a cada componente con el objetivo de detectar fallas y, posteriormente, brindar un diagnóstico preciso a partir de los resultados obtenidos. Para llevar a cabo estas pruebas de manera segura y efectiva, es indispensable contar con el equipo de seguridad adecuado. Esto cobra especial relevancia en entornos donde se manipulan sistemas oleohidráulicos, los cuales operan con fluidos a

alta presión. Bajo estas condiciones, una fuga o un manejo inadecuado representa un riesgo considerable para la integridad física del operador, por lo que el uso de equipo de protección personal no solo es recomendable, sino esencial para prevenir accidentes durante las actividades de diagnóstico.

### **1.6.1. Equipo de seguridad para realizar pruebas de diagnóstico**

El uso de equipo de seguridad personal es fundamental en actividades laborales, académicas o en situaciones con riesgo para la integridad física. En particular, los sistemas oleohidráulicos, que utilizan fluidos bajo alta presión para transmitir energía, presentan varios peligros. Estos sistemas operan a presiones que pueden superar los 300 psi y cualquier fuga puede liberar fluidos a alta velocidad, creando un riesgo significativo de lesiones.

Una fuga en un sistema oleohidráulico puede provocar una rápida expulsión de fluidos calientes, que pueden alcanzar temperaturas superiores a 100°C. Esta expulsión puede causar daños severos, como heridas penetrantes o quemaduras graves.

Para mitigar estos riesgos, es crucial el uso de equipo de protección personal (EPP) adecuado, que incluya guantes resistentes a cortes y temperaturas, gafas de seguridad con protección contra impactos y ropa de protección que resista tanto cortes como mitigar quemaduras. Estas medidas ayudan a protegernos de posibles accidentes y garantizar un entorno de trabajo más seguro.

- a) Casco de seguridad: Protege la cabeza de posibles impactos de objetos que puedan caer o de golpes accidentales. Es esencial para prevenir

lesiones craneales en entornos de trabajo donde hay riesgo de caídas de objetos.

- b) Guantes de protección: Ofrecen defensa contra cortes, abrasiones y temperaturas extremas. También proporcionan protección contra descargas eléctricas menores, mejorando la seguridad al manipular herramientas y equipos eléctricos.
- c) Gafas de seguridad: Salvaguardan los ojos de salpicaduras de fluidos, como aceite hidráulico, así como de partículas voladoras o impactos. Deben ser resistentes a los productos químicos y ofrecer una visión clara sin distorsiones.
- d) Ropa de protección: Incluye batas o trajes diseñados para proteger la piel de salpicaduras de aceites y otros fluidos peligrosos.
- e) Calzado de seguridad: Asegura protección contra caídas de objetos pesados y proporciona aislamiento contra descargas eléctricas. Las botas deben ser resistentes y tener punteras de acero o materiales compuestos para mayor protección.
- f) Mascarilla: Filtra vapores tóxicos, gases y partículas nocivas en el aire, protegiendo el sistema respiratorio en ambientes con exposición a sustancias químicas o contaminantes.



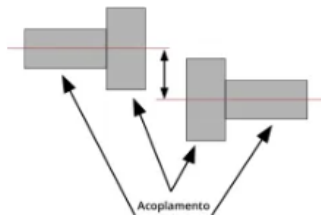
*Figura 45. Equipo de protección personal*

## 1.6.2. Detección de fallas en motores eléctricos

### A) Inspección visual de motores eléctricos

El primer paso es verificar la apariencia completa, como:

- a) Marca del extremo de salida es correcta.
- b) Los tornillos, pernos y tuercas para la fijación están apretados.
- c) La rotación del rotor es flexible.
- d) Signos de daños externos.
- e) Conexiones sueltas o deterioro en las partes aislantes.
- f) Eje del motor extiende la desviación radial (ocurre cuando las líneas centrales de los ejes están paralelas aparte) y cómo es la vibración (Figura 46). [6]



*Figura 46. Desviación radial o paralela (Desalineación del Eje y Su Contribución A Fallas Mecánicas,*

2023)

## **B) Medición de la resistencia de aislamiento**

La resistencia de aislamiento solo se mide en estado frío (temperatura ambiente) del devanado fase a fase y fase a tierra.

Para motores con motor nominal por debajo de 500 V, generalmente use un megóhmetro de 500 V para medir; para motores entre 500 y 3000 V, use un megóhmetro de 1000 V; para motores por encima de 3000V, use un megóhmetro de 2500V. Para motores por debajo de 500 V, la resistencia de aislamiento no debe ser inferior a 0,5 MΩ.

- a) Se conectan 2 cables (Positivo + y negativo -) a través de la barrera de aislamiento.
- b) Después de hacer la conexión se debe aplicar el voltaje durante al menos 1 minuto.
- c) Durante todo este intervalo, la resistencia debería caer o quedarse relativamente quieta o estable. Un gran equipo presentará un descenso muy estable, sin embargo, un sistema más pequeño se mantendrá muy estable porque sus propiedades capacitivas y de absorción bajan la corriente a cero más rápido que los sistemas más grandes.

- **Herramientas a utilizar para realizar prueba de medición de la resistencia de aislamiento**

- a) Megóhmetro
- b) Cinta aislante
- c) Llaves Allen

### **C) Determinación de la resistencia de CC del devanado del motor**

Esta prueba se lleva a cabo en estado frío.

El error entre el valor de resistencia medido de cada fase y la relación del valor promedio de tres fases no debe ser mayor a 5 %,  $\frac{R_{\max}-R_{\min}}{R_{\text{pro}}} \leq 5\%$  en la fórmula,

$$R_{\text{pro}} = \frac{(R_u + R_v + R_w)}{3\Omega}$$

- a) Si la diferencia en el valor de la resistencia es demasiado grande, significa que hay un cortocircuito en el devanado, un circuito roto, mala soldadura o contacto, o las vueltas del devanado son incorrectas, etc.
- b) Si la resistencia trifásica está más allá del rango especificado, significa que el cable del devanado es demasiado delgado.

- **Herramientas a utilizar para realizar prueba de resistencia de CC del devanado del motor**

- a) Megóhmetro
- b) Cinta aislante
- c) Llaves Allen

### **D) Inspecciones eléctricas con el equipo desconectado**

- a) Medir continuidad de cada fase, debe haber continuidad.
- b) Medir continuidad entre fases, no debe haber continuidad.
- c) Medir continuidad entre las diferentes fases y la carcasa del motor, no debe haber continuidad.
- d) Medir la resistencia ohmica de cada fase, esta debe ser igual en las tres fases.

e) Medir la resistencia de aislamiento.

- Entre las diferentes fases.
- Entre las diferentes fases y la carcasa del motor.
- Entre la conexión de las tres fases y la carcasa del motor.

- **Herramientas a utilizar para realizar prueba de inspecciones eléctricas con el equipo desconectado**

a) Multímetro

b) Cinta aislante

c) Llaves Allen

d) Martillo

**E) Inspección de descargas parciales (DP's)**

Verifica que el aislamiento del motor no tenga huecos/cavidades en el aislamiento producto de una mala fabricación, armando, barnizado, etc. Una descarga parcial en el aislamiento es un proceso “degenerativo” del aislamiento en donde se genera carbonización y posteriormente la falla franca a tierra (Figura 47). [7]



*Figura 47. Descargas parciales (DP's) (Velazquez, 2018)*

Según el estándar IEC61934, no debiera haber descargas parciales en el aislamiento de un motor. Si las hay, estas descargas parciales deben estar por encima del voltaje nominal de operación, ya que, de presentarse a niveles de voltaje de operación, estas descargas parciales se mantendrán activas en un proceso continuo de degradación del aislamiento hasta su falla.

### **1.6.3. Detección de fallas en bombas hidráulicas**

#### **Inspección visual de Bombas hidráulicas**

La inspección visual inicia con la revisión externa del equipo siguiendo los siguientes pasos:

- a) Verificar que el sistema está apagado y despresurizado.
- b) Limpiar cualquier suciedad o acumulación de residuos en la superficie para una mejor visibilidad.
- c) Revisar carcasa de la bomba para corroborar si existe cualquier signo de daño; como grietas, abolladuras o corrosión.
- d) Verificar que todos los tornillos y sujetadores estén presentes y bien apretados.
- e) Inspeccionar que los sellos alrededor del eje de la bomba para verificar si existe fugas de fluido. Si los sellos están desgastados o dañados pueden causar fugas.
- f) Verificar las juntas alrededor de la bomba para asegurar de que no haya fugas; si estas existen es signo de que las juntas están desgastadas o deformadas.

- g) Corroborar que los acoplamientos estén bien sujetos y sin signos de daño.

Luego de la inspección visual externa, se prosigue con la inspección visual interna como se describe a continuación:

- a) Desconectar todas las mangueras y tuberías conectadas a la bomba para retirarla del sistema.
- b) Desmontar la carcasa de la bomba cuidadosamente, extrayendo los tornillos, pernos y sellos.
- c) Revisar visualmente todos los componentes internos de la bomba como: carcasa interna, engranajes, eje, placas laterales, sello del eje, juntas y sellos, y cojinetes en busca de desgaste, daños, fugas, abolladuras, corrosión y rayaduras.
- d) Limpiar todos los componentes internos con solventes adecuados para eliminar cualquier residuo, suciedad o partículas. Después, realizar una inspección más detallada de cada componente.
- e) Reemplazar cualquier componente que muestre signos de desgaste o daño significativo.
- f) Ensamblar la bomba siguiendo las instrucciones del fabricante, asegurando que todos los componentes estén correctamente alineados y ajustados. Después, realizar pruebas de funcionamiento para asegurar que la bomba opera correctamente sin fugas, ruidos o vibraciones [7].

- **Herramientas a utilizar para realizar prueba de inspección visual**

- a) Linterna

- b) Espejo de inspección
- c) Lupa de mano
- d) Calibrador Vernier
- e) Regla de acero
- f) Marcador permanente
- g) Cepillo de cerdas suaves
- h) Paño de limpieza industrial

#### **1.6.4. Detección de fallas en válvulas hidráulicas**

Existen diversos tipos de fallas en las válvulas. Entre ellos se incluyen fugas causadas por fallos en la junta de estanqueidad, así como la rotura o bloqueo de la válvula. También pueden generarse reacciones incontroladas debido a la inversión del flujo. Además, el fallo por sobredemanda, originado por una presión y caudal excesivos, que puedan impedir el accionamiento adecuado de una válvula [44].

##### **A) Fallas generales en válvulas**

- a) Fallo por falta de estanqueidad: se considera cuando la válvula tiene una fuga y provoca la pérdida del fluido que pasa por ella. La falta de estanqueidad suele ser debida a la corrosión o debilitamiento de los materiales, a un diseño inadecuado o a la falta de mantenimiento y control de estos elementos.
- b) Uno de los componentes más susceptibles a sufrir cambios en sus propiedades y dimensiones es la junta de estanqueidad por tanto es

necesario revisar su condición y reemplazarla o reemplazarlas si es debido teniendo en cuenta realizar un proceso de selección adecuado.

- c) Fallo en operación: se producen durante el funcionamiento normal de la operación y se consideran aquellos que no permiten que se ejecute la función propia de la válvula. Se incluyen las siguientes causales.
- d) Bloqueo de la válvula
- e) Obstrucción de la sección de paso de la válvula
- f) Cierre defectuoso que permite el paso de fluido cuando el cierre tendría que ser hermético
- g) Actuaciones incontroladas, como apertura o cierre por vibraciones o por sobrepresiones.
- h) Rotura: Se consideran los accidentes que han sido provocados por la rotura de una válvula. El debilitamiento de las válvulas a causa de la corrosión o las vibraciones puede provocar su rotura, así como golpes con carretillas, grúas u otras circunstancias que pueden generar impactos contundentes.
- i) Fallo por sobredemanda: Consiste en la falta de respuesta de la válvula cuando recibe la orden de apertura o cierre. Así, se incluyen los accidentes causados por fallo al cierre a demanda y fallo a la apertura a demanda. La falta de respuesta frente a la demanda puede ser debida tanto a un fallo mecánico, a un fallo de transmisión de la señal o bien a alteraciones de las condiciones del sistema, como sobrepresiones [44].

## **B) Fallas en válvulas reguladoras de presión**

La válvula reguladora de presión presenta los siguientes fallos.

- a) Activación a presiones altas: El regulador ajusta únicamente a presiones mayores a las del rango de trabajo. En este caso, el problema se debe a roturas o desgaste en el muelle o a que esté excesivamente rígido y haya perdido su propiedad de elasticidad.
- b) Falta de presión. La válvula no mantiene la presión requerida en el sistema. Ocurre si hay obstrucciones en el orificio equilibrador. También si la corredera está atascada o hay una holgura en ella. Otras causas son el asiento u obturador en mal estado o desgastado y partículas que mantienen parcialmente en posición abierta a la válvula reguladora de presión.
- c) Sobrecalentamiento: La válvula se encuentra por encima de su temperatura de trabajo. Sucede por alta viscosidad en el aceite, trabajos constantes a la presión de descarga o fugas por el asiento del dispositivo.

### **C) Fallas en válvulas reguladoras de caudal**

Los problemas típicos en este tipo de válvula son:

- a) Caudal no regulado: No es posible regular el caudal en rangos menores ni conseguir estanqueidad. Se debe a rigideces en el regulador, roturas en el muelle, daños en el asiento o válvula antirretorno en pésimo estado.
- b) Caudal irregular: el caudal tiene cambios erráticos. Ocurre por usar aceite altamente denso, obstrucciones en los orificios o también si el aceite cuenta con alta cantidad de impurezas.

### **D) Fallas en válvula antirretorno**

Inversión del flujo: la dirección del flujo no puede ser controlada. Los asientos podrían estar dañados, las juntas estar en mal estado o puede existir contrapresión en el drenaje.

- **Herramientas y equipo a utilizar para la detección de fallas de válvulas hidráulicas**

- a) Manómetros
- b) Lupa de mano
- c) Juego de llaves fijas
- d) Llave inglesa
- e) Juego de llaves Allen
- f) Extractor de sellos de válvulas
- g) Calibrador vernier

**E) Métodos de prueba de funcionamiento en válvulas de control hidráulico**

El método de pruebas de funcionalidad en válvulas de control se encuentra definido en la norma ISO 6403, la cual establece procedimientos específicos para evaluar los tres tipos principales de válvulas: direccionales, de control de flujo y de control de presión. Estos métodos tienen como objetivo determinar el rendimiento dinámico y en estado estable de las válvulas en un circuito controlado [26].

En el contexto del equipo de prácticas de oleohidráulica, se consideró realizar estas pruebas. Sin embargo, las características técnicas del equipo no permiten

replicar el circuito de pruebas de válvulas descrito en la norma ISO 6403, debido a limitaciones como la insuficiente potencia en la unidad de poder y otras especificaciones requeridas por dicha norma.

A pesar de estas limitaciones, es factible adaptar parte de la metodología de pruebas de la norma ISO 6403 a nuestras condiciones específicas. Se ajustarán las presiones de prueba para cumplir con los estándares prácticos del laboratorio, considerando que las pruebas en la norma ISO 6403 exige someter las válvulas a condiciones que exceden el rango operativo normal, específicamente 1.5 veces la presión operativa máxima recomendada por el fabricante. Aunque nuestras pruebas no serán completamente conformes con la norma ISO 6403, se utilizarán métodos de prueba apropiados derivados de esta norma para evaluar el estado las válvulas bajo condiciones apropiadas y dentro de las capacidades y recursos disponibles de nuestro equipo de prácticas oleohidráulicas.

#### **1.6.5. Detección de fallas en tanques de aceite hidráulico**

Existen varios métodos de detección de fallas para los tanques de aceite hidráulico. A continuación, se describen los más importantes.

##### **a) Inspección visual en tanques de aceite hidráulico**

La inspección visual es un método fundamental para identificar problemas en los tanques de aceite hidráulico antes de que se conviertan en fallas graves. En la Tabla 21 se resumen los principales procedimientos a seguir durante una inspección visual a un tanque de aceite hidráulico, para este apartado también se incluyó los procedimientos para el aceite hidráulico.

Tabla 21. Procedimientos de inspección visual en tanques de aceite hidráulico

Sección del tanque	Proceso
Superficies externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Buscar signos de corrosión, óxido o pintura descascarada en las paredes exteriores del tanque.</li> <li>✓ Inspeccionar las soldaduras y juntas en busca de grietas o puntos de fuga.</li> </ul>
Aceite hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificar el nivel de aceite a través de la bayoneta.</li> <li>✓ Observar el color del aceite a través del visor; el aceite contaminado puede tener un color oscuro o lechoso.</li> <li>✓ Realizar prueba de acidez del aceite.</li> </ul>
Filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inspeccionar el filtro para asegurarse de que no esté obstruido y esté en buenas condiciones.</li> </ul>
Interior del tanque	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Examinar la base del tanque para detectar acumulaciones de lodo, partículas metálicas y otros residuos.</li> </ul>
Puntos de Fuga	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Buscar signos de fugas alrededor de todas las juntas, conexiones y puntos de soldadura.</li> </ul>

### **b) Inspección de soldaduras en tanques de aceite hidráulico**

La inspección de soldaduras en tanques de aceite hidráulico involucra técnicas no destructivas, como el ensayo de líquidos penetrantes, ensayo de partículas magnéticas, ensayo con ultrasonido y radiografía, en donde el primero de todos (líquidos penetrantes) es el más sencillo de realizar permite detectar defectos superficiales invisibles a simple vista. Mediante una evaluación minuciosa de las soldaduras, se asegura que el tanque funcione correctamente, evitando fugas y

fallas estructurales que podrían comprometer la eficiencia y seguridad del sistema oleohidráulico.

Como se mencionó anteriormente, para verificar el estado de las soldaduras en el tanque puede hacer uso de ensayos no destructivos, a continuación de describen los más importantes.

*Tabla 22. Ensayos no destructivos*

<b>Ensayo</b>	<b>Descripción</b>
Líquidos penetrantes	Aplicación de líquidos penetrantes para detectar grietas y porosidades superficiales no visibles a simple vista. Este método incluye la aplicación de un penetrante, seguido de un revelador que resalta las discontinuidades.
Partículas magnéticas	Utilización de partículas magnéticas para identificar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos. Este método implica la magnetización de la soldadura y la aplicación de partículas magnéticas que se acumulan en las áreas defectuosas.
Ultrasonido	Empleo de equipos de ultrasonido para detectar defectos internos en la soldadura. Las ondas ultrasónicas se transmiten a través de la soldadura y los reflejos se analizan para identificar discontinuidades internas.
Radiografía	Uso de radiografías (rayos X) para visualizar el interior de las soldaduras y detectar defectos internos como inclusiones de escoria, porosidad interna o falta de fusión.

De los procedimientos anteriormente mencionados, el más sencillo es el de líquidos penetrantes debido a que no requiere equipos complejos ni condiciones

especiales de operación, y puede ser realizado rápidamente en campo. En el siguiente esquema se resumen el proceso a seguir para la realización de dicho ensayo.



Figura 48. Procedimiento para seguir en un ensayo de líquidos penetrantes

### • Herramientas a utilizar para ensayos de líquidos penetrantes

- a) Líquido Penetrante
- b) Removedor de Exceso de Penetrante
- c) Revelador
- d) Iluminación Ultravioleta (UV)
- e) Toallas de Papel o Trapos Limpios
- f) Esprays Aplicadores
- g) Reloj o Cronómetro

- h) Contenedores para Desechos
- i) Brochas o Cepillos de Cerdas Suaves
- j) Lentes de Aumento

**c) Prueba de acidez del aceite hidráulico**

La prueba de acidez es una técnica utilizada para determinar el grado de degradación del aceite en sistemas como motores, turbinas, cajas de engranajes y sistemas hidráulicos. Esta evaluación se basa en la medición del Número Total de Ácidos (TAN), que refleja la concentración de ácidos orgánicos e inorgánicos formados a medida que el aceite envejece por efecto de la oxidación, especialmente cuando opera bajo altas temperaturas. La presencia de estos ácidos puede afectar propiedades clave del aceite, como su viscosidad, reduciendo su capacidad para lubricar y proteger componentes críticos del sistema.

En sistemas hidráulicos, realizar esta prueba permite verificar si el aceite aún conserva sus propiedades adecuadas para su uso. Un TAN elevado indica que el fluido ha comenzado a degradarse y podría dañar el sistema si no se reemplaza. Por el contrario, un valor dentro del rango aceptable asegura que el aceite sigue siendo confiable para la operación.

La prueba se realiza de forma rápida utilizando un kit con papel reactivo: se toma una pequeña muestra del aceite, se sumerge el papel en ella por unos segundos, y se observa el cambio de color. Si el papel permanece amarillo, el

aceite está en buen estado; si se torna negro, excede el límite permitido (700 ppm de ácidos inorgánicos), indicando que debe reemplazarse (Figura 49).



Figura 49. Kit para prueba de acidez (FrioAire - Aire Acondicionado y Refrigeración, s. f.)

### **1.6.6. Detección de fallas en cilindros de doble efecto**

#### **A) Inspección visual del cuerpo del cilindro de doble efecto**

Uno de los primeros pasos a seguir es observar el estado físico del cuerpo del cilindro buscando abolladuras, corrosión e inclusive agujeros que den lugar a fugas de aceite hidráulico, también se realiza inspección del vástago, este debe estar alineado y sin golpes o abolladuras.

#### **B) Verificación de la contaminación del aceite**

Se debe comprobar si existe suciedad o partículas extrañas en los depósitos coloidales o se encuentran atrapadas en el núcleo de la válvula o están bloqueando el orificio de la válvula.

#### **C) Inspección de sellos del cilindro y el vástago**

Se realiza movimiento de extracción y retracción de los cilindros hidráulicos para determinar si estos están demasiado apretados o están libres al movimiento.

## **D) Verificación de temperatura del fluido**

Cuando la temperatura es baja, el aceite hidráulico tiene alta viscosidad y poca fluidez, lo que provocara que el cilindro hidráulico se mueva lentamente en su extracción o retracción. [31]

- **Herramientas a utilizar para las detecciones de fallas del cilindro hidráulico**

- a) Toallas de papel o franelas
- b) Lupa de mano
- c) Depósito recolector de residuos de aceite
- d) Mangueras con uniones rápidas
- e) Guantes de protección
- f) Lentes de protección

### **1.6.7. Detección de fallas en electroválvulas**

El diagnóstico en electroválvulas es fundamental para garantizar su correcto funcionamiento en sistemas de control y automatización. Este proceso implica una serie de pruebas para determinar si dicho componente está en condiciones óptimas. Para detectar anomalías o fallas se evalúa la resistencia de la bobina, su capacidad de imantación y la integridad de la válvula en general, asegurando así un rendimiento eficiente del sistema.

## **A) Pruebas de la bobina**

A continuación, se describe el proceso para diagnosticar la bobina de una electroválvula.

- a) Utilizar un multímetro en la escala de ohmios para medir la resistencia entre los dos terminales de la bobina. Se espera encontrar una resistencia cercana a 1000 ohmios (1 kOhm), aunque puede variar según el tipo de bobina.
- b) Conectar una punta del multímetro al terminal de tierra de la bobina y la otra punta a cada uno de los terminales de alimentación. No debe haber resistencia entre los terminales de alimentación y el terminal de tierra, lo que indicaría una derivación.
- c) Realizar una prueba de imantación aplicando energía a la bobina mediante un cable de prueba con interruptor. Si un objeto ferromagnético, como un destornillador, se queda imantado al introducirlo en el campo magnético de la bobina, esto confirma que la bobina funciona correctamente.

## **B) Pruebas en el interior de la electroválvula**

Para poder determinar el estado del interior de la electroválvula, se puede seguir el siguiente procedimiento.

- a) Desmontar la válvula para acceder al núcleo que contiene un resorte y una membrana. Limpiar la válvula utilizando un compresor para eliminar obstrucciones en los conductos.
- b) Conectar un compresor a los manguitos de la válvula y limpiar los conductos soplando aire a través de ellos para asegurarse de que estén libres de suciedad o residuos.

c) Realizar una prueba de flujo de agua conectando la entrada de la válvula a un depósito de agua y la salida a un manguito. Al alimentar la bobina y abrir la válvula, se espera que el agua fluya a través de la válvula. Si no hay flujo de agua, podría indicar un bloqueo en la válvula que requiere limpieza adicional.

- **Herramientas a utilizar en las pruebas en la electroválvula**

- a) Multímetro
- b) Cable de Prueba con Interruptor
- c) Destornillador
- d) Compresor de Aire
- e) Manguitos
- f) Depósito de Agua
- g) Herramientas de Desmontaje
- h) Papel o Paños de Limpieza
- i) Lubricante para Electroválvulas
- j) Linterna o Lámpara de Trabajo
- k) Manual del Fabricante

#### **1.6.8. Detección de fallas en mangueras hidráulicas**

Se debe llevar a cabo una inspección visual regular en busca de signos de daño externo, como cortes, abrasiones, hinchazón, aplastamiento, grietas, desprendimiento de la capa exterior o cualquier otro daño visible. También es

importante verificar las conexiones para asegurarse de que estén apretadas y sin fugas.

A continuación, en la Tabla 23 se muestran posibles situaciones que pueden ser motivo de alarma respecto a la condición de las mangueras:

*Tabla 23. Posibles fallas o condiciones inadecuadas en mangueras hidráulicas*

<b>Síntoma</b>	<b>Causa</b>
El tubo de la manguera es muy duro y quebradizo.	El calor tiende a emigrar los plastificantes fuera del tubo, haciendo que se endurezca.
La manguera está rayada interna y externamente, pero los materiales son blandos y flexibles a temperatura ambiente	Condición en ambiente excesivamente frío mientras la manguera se dobla.
Se rompió la manguera y el refuerzo de alambre reveló hilos quebrados.	Existencia de un impulso de alta presión.
Se rompió la manguera sin indicios de alambres dañados.	Presión ha excedido la resistencia mínima de ruptura de la manguera.
Trenzado de alambre oxidado y cobertura externa con cortes, abrasión o deterioro.	Daño en la cobertura externa permite la entrada de humedad y otros agentes corrosivos.
Se rompió la manguera en la curva externa y está elíptica en la zona de la curva.	No se ha respetado el radio de curvatura.
La manguera parece estar achatada en una o dos áreas y retorcida.	Torsión de una manguera de control hidráulico.
El tubo interno de la manguera se soltó del refuerzo y se acumuló en el extremo.	Uso de un vacío mayor al recomendado o manguera no adecuada para vacío.
Trenzado de alambre oxidado y sin cortes ni abrasión en la cobertura externa.	Ensamble incorrecto de la conexión terminal permitiendo la entrada de humedad.

### **1.6.9. Detección de fallas en fuente de corriente directa**

Los síntomas de una fuente de alimentación conmutada (SMPS) que funciona incorrectamente pueden incluir arranques intermitentes, voltajes incorrectos,

exceso de ruido o incluso la activación de protecciones. Estos problemas pueden ser indicativos de diversos fallos dentro del SMPS. Para diagnosticar estos problemas, es importante observar cuidadosamente los síntomas y realizar pruebas específicas para identificar la causa subyacente.

### **A) Voltajes incorrectos**

Síntoma: Los voltajes de salida no son los esperados, ya sea demasiado altos, demasiado bajos o fluctuantes.

Diagnóstico:

- a) Es necesario medir los voltajes de salida en los puntos designados y compararlos con las especificaciones del fabricante.
- b) La verificación de los reguladores de voltaje, diodos y condensadores en el circuito de salida y compararlos con las especificaciones del fabricante.
- c) Debe examinarse la retroalimentación y el circuito de control, así como los sensores y la referencia, para asegurar que estén ajustando correctamente.

### **B) Arranques intermitentes**

Síntoma: La fuente de alimentación se enciende y apaga de manera intermitente, o no arranca de manera consistente.

Diagnóstico:

- a) Verificar la continuidad de los componentes críticos, como resistencias de arranque, los diodos que no estén en corto, condensadores de arranque y el propio interruptor de encendido.

- b) Se examina la retroalimentación y el circuito de control para asegurarse de que estén operando correctamente. Se examinan componentes como optoacopladores, resistencias y condensadores.

### **C) Ruido excesivo**

Síntoma: Hay ruido o interferencia audible o perceptible en la salida de la fuente de alimentación.

Diagnóstico:

- a) Para examinar la forma de onda de salida o detectar irregularidades, se utiliza un osciloscopio o, en su defecto, una carga electrónica. Es importante prestar atención a posibles picos de consumo inesperados.
- b) Verificar la integridad de los filtros de salida, como condensadores y bobinas.

### **D) Activación de protección**

Síntoma: La fuente de alimentación se apaga automáticamente debido a la activación de protecciones.

Diagnóstico:

- a) Se identifica la protección específica que se ha activado (sobrecarga, cortocircuito, sobre temperatura, etc.).
- b) Se verifican los componentes asociados con la protección activada, como resistencias limitadoras de corriente o sensores de temperatura.
- c) Se realizan mediciones de corrientes y voltajes en diferentes secciones del circuito para identificar la causa de la activación de las protecciones.

### **E) Sobrecalentamiento**

Síntoma: Puede haber un olor a quemado o la presencia de humo.

Diagnóstico:

- a) Detener la operación de la fuente de alimentación de inmediato y desconéctala de la energía.
- b) Realizar una inspección visual para identificar componentes quemados o dañados.
- c) Verificar la integridad del transformador, diodos, condensadores y otros componentes.

- **Herramientas y Equipos a utilizar en pruebas por equipo sobrecalentado**

- a) Multímetro
- b) Destornillador dieléctrico
- c) Lupa de mano
- d) Soporte de placa
- e) Equipo de soldadura de estaño
- f) Comprobador de componentes
- g) Descargador de condensadores

### **Requisitos de seguridad en fuentes de corriente directa**

La norma IEC 61204-7 es parte de una serie de estándares internacionales que se centran en los requisitos y directrices para las fuentes de alimentación de baja tensión. Específicamente, esta norma se titula "Fuentes de alimentación conmutadas de baja tensión - Parte 7: Requisitos de seguridad".

- a) **Ámbito de Aplicación:** La norma se aplica a las fuentes de alimentación de baja tensión que no superen la tensión nominal del sistema en 1000 V en corriente alterna (CA) o 1500 V en corriente continua (CC). Esto incluye tanto las fuentes de alimentación reguladas como no reguladas.
- b) **Requisitos de Seguridad:** La norma establece los requisitos de seguridad necesarios para proteger tanto al usuario final como a los equipos conectados. Estos requisitos cubren aspectos como la protección contra descargas eléctricas, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, y la resistencia a condiciones ambientales adversas.
- c) **Pruebas y Ensayos:** La IEC 61204-7 especifica los métodos de prueba que deben emplearse para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad. Estas pruebas incluyen ensayos de resistencia dieléctrica, pruebas de temperatura, pruebas de impacto mecánico, entre otras [27].

## **2. DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA**

Con el objetivo de garantizar el buen estado de los componentes del equipo oleohidráulico, se llevará a cabo un diagnóstico individual de cada uno. Este procedimiento constará de tres etapas: inspección visual, verificación del estado y presentación de los resultados obtenidos en las dos primeras etapas, utilizando listas de verificación (checklist) y el análisis de las observaciones registradas. De esta manera, se podrá obtener un diagnóstico preliminar del estado de los componentes. No obstante, debido a ciertas limitaciones, como la falta de

funcionamiento del motor y la ausencia del acople entre el motor y la bomba, no será posible realizar pruebas en marcha en esta etapa.

## **2.1. Diagnóstico del motor eléctrico**

### **2.1.1. Inspección visual**

Uno de los primeros procesos para realizar un diagnóstico es la inspección visual del componente, en este caso se habla del motor eléctrico el cual forma parte de la unidad de poder del equipo de oleohidráulica. Se debe tener en cuenta el uso del equipo de seguridad (casco, botas de seguridad y gafas) para realizar cualquier tipo de intervención en el equipo, hacer el uso correcto de herramientas en cada aplicación. Se describe a detalle el paso a paso de la inspección realizada:

- I. Desmontaje y/o desconexión (Figura 50), se identifica el motor eléctrico y se desmonta mecánicamente del soporte en donde se encuentra fijado.



*Figura 50. Motor trifásico MARATHON ELECTRIC 1.5 hp 6 Polos*

- II. Se identifica la placa técnica del motor (Figura 51) y se toman datos de esta, verificando las condiciones externas del motor; se buscan abolladuras, oxido, estado del eje y desgaste de material en la carcasa del motor.



Figura 51. Placa de datos técnicos, motor trifásico

- III. Se marcan puntos en el lado frontal y trasero del motor con un centro punto y un martillo (Figura 52), lo que indica en que posición se debe volver a armar.



Figura 52. Marcación de motor eléctrico

- IV. Con una llave fija de 10 mm y una llave cubo de 10 mm se prosigue a retirar los pernos y tuercas (4 de cada uno) que mantiene sujeta la carcasa frontal y trasera del motor.

- V. Después de retirar los pernos, con la ayuda de un desatornillador de punta plana se despega la tapa frontal y trasera del motor, en este punto se verifica el estado físico de estas (Figuras 53 y 54).



*Figura 53. Carcasa frontal motor trifásico*



*Figura 54. Carcasa trasera motor trifásico*

- VI. Con ayuda de un martillo se retrae el eje en conjunto a rotor hasta desacoplarlo del rotor, acá se inspecciona el eje completo, el rotor, los baleros y las aspas del ventilador.
- VII. Se continua con inspección de las bobinas, los cables y los aislantes que se encuentran en el estator (Figura 55).



*Figura 55. Rotor, estator y conexione eléctricas*

### **2.1.2. Verificación del estado**

Para la toma de parámetros de resistencias del motor eléctrico se deben realizar con el motor desconectado, en otras palabras 0 Volt, se hace uso de un multímetro en la posición de Ohm, de un desatornillador, llave fija de 10 mm y llave cubo de 10 mm. Se requiere uso de casco, botas de seguridad, guantes y gafas para el desarrollo de la intervención.

- I. El primer paso será localizar donde se encuentran las resistencias ya conectadas en las tres líneas e identificar con el color de cable que lleve cada una de ellas (Figura 56).
- II. Con el multímetro en la posición de medición de Ohmios se procede a colocar las tenazas entre dos diferentes resistencias, este proceso se debe realizar para la configuración siguiente:
  - a) Medición de resistencias: Azul-Rojo
  - b) Medición de resistencias: Azul-Café
  - c) Medición de resistencias: Café-Rojo



*Figura 56. Identificación de resistencias*

- III. Cada que se mide una serie de resistencias se toma nota del valor arrojado, después de tomar nota de las tres configuraciones se compara el resultado y se concluye con respecto a los parámetros. Para que no exista falla, las 3 resistencias deben dar constante o con un valor permisible dentro del rango del 5%.



*Figura 57. Medición de resistencias*

- IV. Después se prosigue midiendo cada resistencia con tierra (carcasa del motor Figura 58).



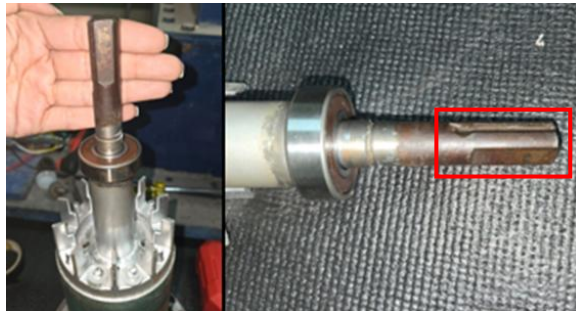
*Figura 58. Medición respecto a tierra*

### 2.1.3. Resultado del diagnóstico

Se presenta un checklist del motor eléctrico de las inspecciones visuales e inspecciones de verificación de funcionamiento detalladas en el apartado de Anexo 3.

Después de una serie pruebas realizadas en el motor trifásico, las cuales se mencionan en las Tablas 52, 53 y 54; con los resultados obtenidos de estas, se describe el estado en el que se encuentra el componente con el siguiente diagnóstico:

- I. El motor eléctrico de 1.5 hp presenta desgaste en el cuñero del eje de transmisión, esto debido a que el acople antes utilizado para transmitir movimiento a la bomba no era el adecuado para el uso y condiciones en las que operaba (Figura 59).



*Figura 59. Evidencia eje desgastado*

- II. Las aletas del rotor o también conocido como ventilador del rotor se observa que ha sufrido deformación, esta condición se debe a que al momento de un cambio de baleros la persona que realizo la actividad golpeo dichas aletas (Figura 60).

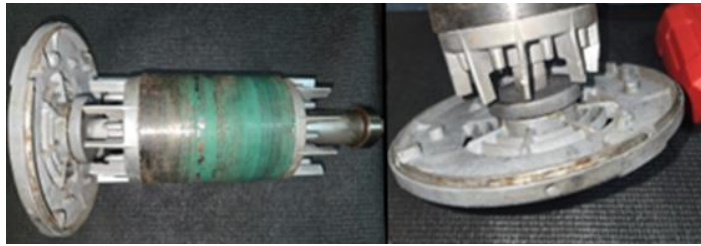


Figura 60. Deformación de altas del ventilador

III. El estator presenta en algunas partes un cambio de color en las bobinas (Figura 61), lo que nos indica que sufrió recalentamiento mientras estaba en operación, esto en conjunto de un aroma a quemado que proviene siempre de las bobinas; esto es resultado de un mal alineamiento en el acople motor-bomba ya que trabajaba forzado.

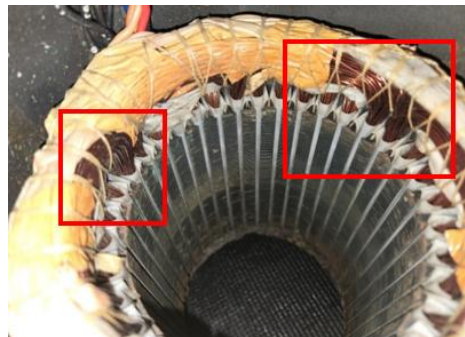


Figura 61. Bobinado motor trifásico

IV. Con la medición de parámetros en resistencias se obtienen los datos que se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. Tabla resumen de resultados de medición

Prueba	Medición 1	Medición 2	Medición 3
Entre resistencias	Azul-Rojo	Azul-Café	Rojo-Café
	3.3Ω	3.3Ω	2.6Ω
Resistencia a tierra	Azul-Tierra	Café-Tierra	Rojo-Tierra
	2.4Ω	1.3Ω	0.0Ω

El valor de entre las resistencias debe ser constante o puede tener un valor variable permisible del 5%, en el caso de medir la resistencia (Tabla 24) en el terminal rojo-café da un valor de  $2.6 \Omega$  el cual está por debajo del rango inferior permisible para la variación. Con la prueba de resistencia a tierra el valor obtenido indicado por la norma debe ser  $0\Omega$ , comparando con los datos que se obtuvieron vemos que el terminal azul y café medido respecto a tierra nos arrojan valores diferentes a los esperados. En ambas pruebas se obtiene valores fuera de lo esperado lo que indica que el bobinado está abierto, es decir, ha perdido propiedades de aislamiento por un posible recalentamiento en el sistema, por lo que se recomienda rebobinar el motor eléctrico.

Se ha documentado que cualquier tipo de motor al ser rebobinado, luego de haber sufrido ya sea un daño por circuito abierto o cortocircuito este pierde las propiedades de fábrica, de igual forma la estructura interna (ranurado del estator) sufre de daño, todo esto tiene incidencia en la temperatura, velocidad de rotación y consumo de corriente al momento de operar. [39]

A pesar de lo antes descrito, se toma la decisión de restaurar el motor en lugar de reemplazarlo esta decisión está fundamentada por fines didácticos, así fortaleciendo el aprendizaje en el proceso y desarrollo de rebobinado de motores eléctricos documentando dicho proceso, paso a paso convirtiéndose esta en una valiosa actividad de aprendizaje.

## 2.2. Diagnóstico de bomba hidráulica

### 2.2.1. Inspección visual

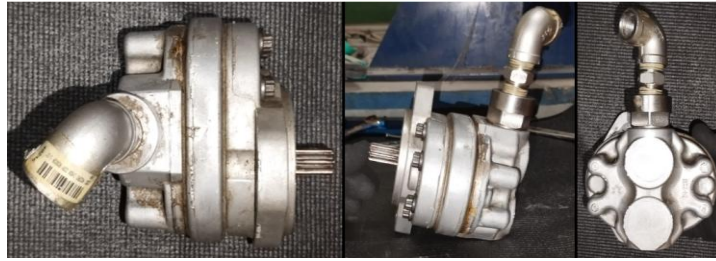
Para realizar una evaluación preliminar del estado actual de la bomba hidráulica de engranajes externos, perteneciente a la unidad de poder del equipo de oleohidráulica, se realiza una inspección visual externa, la cual tiene como objetivo obtener una evaluación inicial sobre la condición funcional de la bomba. Este procedimiento se realiza utilizando herramientas como lupa para identificar detalles, cepillo de alambre de acero/latón para remover residuos, toallas absorbentes y franela industrial para limpiar la superficie, lámpara para mejorar la visibilidad y una cámara para documentar el proceso, además del uso de equipo de protección personal (EPP).

- I. La inspección visual se realiza con el componente desconectado de la unidad de poder, facilitando la manipulación y acceso para la ejecución de la prueba (Figura 62).



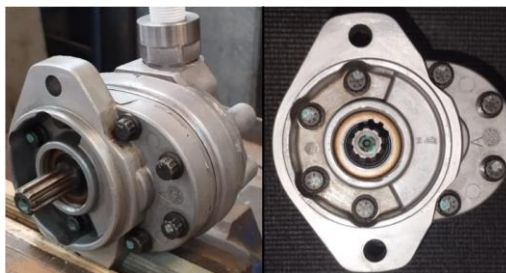
*Figura 62. Desmontaje y desconexión de la bomba hidráulica*

- II. Luego, se le realiza una inspección visual detallada en toda la carcasa de la bomba analizando el estado exterior para corroborar si existe corrosión u oxidación (Figura 63).



*Figura 63. Inspección externa de la bomba*

- III. Se limpia toda la superficie con franela industrial y toallas absorbentes para eliminar suciedad o acumulación de residuos en la superficie, también, se utiliza el cepillo de alambre de acero/latón para eliminar incrustaciones superficiales u oxidación. Por medio de la limpieza se obtiene una visibilidad más detallada de la bomba y utilizando herramientas como lupa y lampara se analiza a profundidad la carcasa para corroborar si existen grietas o abolladuras, además, se analizan las juntas alrededor de la bomba para asegurar de que no haya fugas (Figura 64).



*Figura 64. Limpieza exterior de la bomba*

- IV. Se verifica que todos los tornillos, sujetadores y acoplamientos estén en su lugar, correctamente ajustados y sin signos de daño, para asegurar la integridad estructural de la bomba. Posteriormente, se

inspecciona el sello alrededor del eje de la bomba, comprobando la posible presencia de fugas de fluido. Por último, se verifica el estado del eje revisando si está correctamente alineado y si este presenta resistencia al torque aplicado para corroborar si no existen daños internos (Figura 65).



*Figura 65. Inspección de tornillos, sujetadores, acoplamiento, sellos y eje*

### **2.2.2. Verificación del estado**

En cualquier prueba de funcionamiento destinada a evaluar el estado de una bomba hidráulica, es fundamental que el equipo al cual pertenece la bomba esté operando. Esto permite realizar evaluaciones como pruebas de caudal y presión, análisis de vibraciones, análisis de ruidos y mediciones de temperatura. Sin embargo, debido a los daños que presenta el motor eléctrico y la ausencia del acople entre el motor y la bomba, estas pruebas no pueden llevarse a cabo, lo que impide obtener un diagnóstico detallado del estado interno de la bomba. A pesar de esta limitante, existe una prueba llamada “Prueba de torsión” que es una técnica de mantenimiento predictivo en la cual se aplica un torque al eje de la bomba para evaluar su estado interno preliminar sin necesidad de ponerla en funcionamiento o abrirla. Si el torque necesario para mover el eje es menor o igual a 36 lb.in, se considera que los componentes internos, como los engranajes,

cojinetes y sellos, están en buen estado; indicando una lubricación adecuada y la ausencia de bloqueos o desgaste excesivo. Si el torque excede este valor, podría ser indicativo de un desgaste significativo, obstrucciones o problemas de alineación que requieren mantenimiento o reparaciones inmediatas.

Para realizar la Prueba de torsión, se utiliza un torquímetro para poder medir el torque real al cual el eje de la bomba gira y así identificar si está dentro del rango en el cual los componentes de la bomba están en buen estado ( $\leq 36$  lb.in). Sin embargo, a la hora de realizar la inspección visual de la bomba no se contaba con la herramienta, por lo tanto, se aplicó una regla empírica basada en la resistencia percibida al girar el eje manualmente.

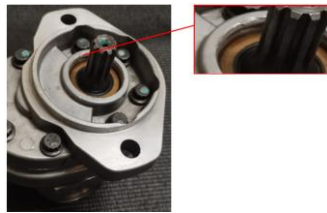
- I. Con la bomba desconectada a la unidad de poder, por medio de una llave ajustable conectada al acople obsoleto de la bomba que estaba conectado al eje de esta, se gira en sentido horario y se analiza si existe una resistencia uniforme o si el eje gira con demasiada facilidad.

### **2.2.3. Resultado del diagnóstico**

Se presenta un checklist de la bomba hidráulica de las inspecciones visuales e inspecciones de verificación de funcionamiento detalladas en el apartado de Anexo 3.

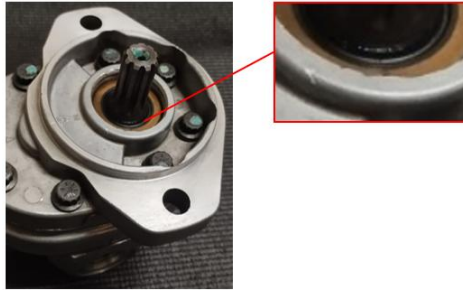
Después de una serie de pruebas realizadas en la bomba hidráulica, las cuales se mencionan en la Tabla 51; con los resultados obtenidos, se describe el estado en el que se encuentra el componente con el siguiente diagnóstico:

- I. La bomba presenta abolladuras en la carcasa frontal, generadas por el contacto con el acople motor/bomba. Sin embargo, estas deformaciones no afectan el rendimiento operativo de la bomba, ya que no comprometen los elementos internos ni interfieren con el flujo del fluido hidráulico. Estas abolladuras se consideran un defecto superficial sin impacto crítico en su desempeño mecánico (Figura 66).



*Figura 66. Abolladuras en la carcasa frontal de la bomba hidráulica*

- II. El retenedor del eje presenta microfuga, probablemente causada por el desgaste del material, el daño térmico, la presencia de partículas abrasivas, o una posible desalineación del eje (aunque se ha verificado que no existe desalineación en esta bomba). Para confirmar que el rendimiento de la bomba no se ve comprometido por esta microfuga, es necesario realizar pruebas de presión que validen que la bomba opera dentro de los parámetros indicados por el fabricante. Aunque las microfugas no representen un problema inmediato, ya que el equipo oleohidráulico no ha sido sometido a un uso intensivo, es importante monitorear el estado de la bomba (Figura 67).



*Figura 67. Microfugas presentes en el retenedor del eje*

- III. Al iniciar la inspección visual a la bomba, se identificaron signos de oxidación superficial. Para descartar que existiera corrosión se realiza el proceso de limpieza utilizando herramientas adecuadas como cepillo de alambre de acero/latón, toallas absorbentes y franela industrial. Se confirma que no existe corrosión en la superficie de la carcasa. La capa superficial de oxidación era el resultado de la inactividad de la bomba; este tipo de oxidación no representa un riesgo para el rendimiento de la bomba.
- IV. El eje se encuentra correctamente alineado. Al aplicar torque, el eje giró de manera uniforme y sin restricciones, lo que indica que no existen fricciones anómalas en sus componentes internos. Además, por medio de una regla, se comprueba que el eje no presenta ningún desplazamiento visual desde un punto de referencia fijo. Finalmente, se inspeccionó el estriado del eje, confirmando que no existen daños como abolladuras o deformaciones.
- V. Al realizar la Prueba de Torsión, que consistió en aplicar un torque mediante una herramienta que permitió generar palanca sobre el eje,

este giró con una resistencia uniforme y sin restricciones. Con base en la resistencia percibida, se concluye que los componentes internos de la bomba, como los engranajes, cojinetes y sellos, se encuentran en buen estado. Además, la prueba indica una lubricación adecuada y la ausencia de bloqueos o desgastes excesivos, asegurando un buen funcionamiento preliminar de la bomba hidráulica.

### **2.3. Diagnóstico del tanque aceite hidráulico**

En este apartado se presenta el análisis del conjunto del tanque de aceite hidráulico y del aceite utilizado en el sistema, abarcando tanto la inspección visual como la verificación de su estado operativo, con base en las observaciones realizadas durante las visitas técnicas y las pruebas correspondientes.

#### **2.3.1. Inspección visual**

Se prepara para realizar la revisión del tanque de aceite hidráulico asegurándose de llevar el equipo de protección personal adecuado, incluyendo guantes y gafas de seguridad. También se asegura de contar con las herramientas necesarias, como una linterna y un recipiente adecuado para el trasiego de aceite en caso de que sea necesario vaciar el tanque.

- VI. Se retira la bayoneta para el control del nivel del líquido y se verifica el nivel del aceite. Se utiliza la linterna para verificar que el dicho nivel se encuentre dentro de las marcas de máximo y mínimo (Figura 68).



*Figura 68. Medición del nivel de aceite con la bayoneta*

- VII. Se retira la tapa por completo teniendo cuidado con todos los componentes que están sobre la misma (bomba, motor, etc.) y se deja en una superficie limpia para evitar contaminar lo menos posible (Figura 69).



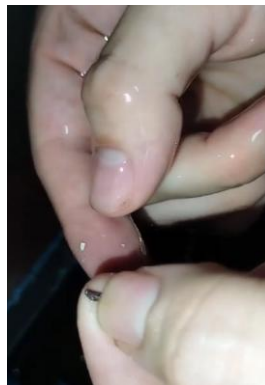
*Figura 69. Tanque de aceite sin la tapadera*

- VIII. Se realiza una revisión completa alrededor del tanque y las conexiones, prestando especial atención a las uniones, juntas, soldaduras. Se busca cualquier signo de fugas de aceite, como manchas en el suelo, áreas húmedas alrededor del tanque, o acumulaciones de aceite en las patas del tanque (Figura 70).



*Figura 70. Inspección de fugas de aceite en el tanque de aceite hidráulico*

- IX. Con ayuda de una linterna se verifica la consistencia y el color del aceite, si este tiene una consistencia demasiado viscosa o el color es demasiado oscuro puede ser indicio de desgaste en el aceite (Figura 71).



*Figura 71. Análisis de la consistencia del aceite.*

- X. Para poder verificar el fondo del tanque y poder separar cualquier partícula sólida del aceite se realiza el trasiego filtrando el aceite con una manta de algodón para colado a dos recipientes en donde se almacenará mientras se termina de inspeccionar el resto del tanque (Figura 72).



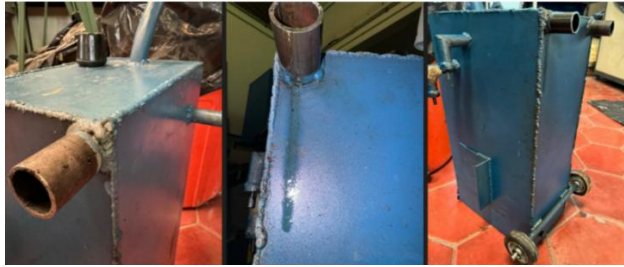
*Figura 72. Trasiego y filtrado de aceite hidráulico*

- XI. Se verifica que esté correctamente instalada y en buen estado, sin señales de corrosión o deformación. Se asegura de que la placa esté funcionando como barrera entre el retorno y la aspiración del sistema para evitar que las burbujas de aire afecten el rendimiento (Figura 73).



*Figura 73. Inspección de las placas separadoras del tanque de aceite hidráulico*

- XII. Utilizando la linterna, se examinan las soldaduras del tanque, prestando especial atención a las uniones entre las diferentes piezas de metal. Se busca cualquier grieta, fractura o signo de debilitamiento de las soldaduras (Figura 74).



*Figura 74. Inspección de soldaduras en el tanque de aceite hidráulico*

- XIII. Se revisa toda la superficie del tanque, observando si hay abolladuras, deformaciones, golpes o cualquier daño estructural que pueda comprometer la integridad del tanque. También se revisan las patas del tanque para asegurarse de que estén firmes y sin signos de corrosión o desgaste excesivo (Figura 75).



*Figura 75. Verificación de la estructura del tanque de aceite hidráulico*

### **2.3.2. Verificación del estado**

Para la verificación del estado del aceite se realizó una prueba de acidez. En esta sección se detalla el proceso realizado para medir el índice de acidez del aceite hidráulico utilizado en el equipo, con el objetivo de verificar su calidad y garantizar que cumple con los estándares necesarios para un funcionamiento óptimo. Tras la ejecución de la prueba, se constató que el aceite pasó satisfactoriamente el

análisis, lo que indica que se encuentra en condiciones adecuadas para continuar su uso sin comprometer el rendimiento del sistema hidráulico.



Figura 76. Prueba de acidez en 2 segundos

Se tomó una pequeña cantidad de aceite hidráulico directamente del sistema y se colocó en un recipiente limpio, asegurando que la muestra fuera representativa del fluido en uso (Figura 77).



Figura 77. Muestra de aceite a utilizar

Se sumergió el papel reactivo en la muestra de aceite durante el tiempo recomendado por el fabricante, asegurándose de que el papel quedara completamente impregnado por el aceite (Figura 78).



Figura 78. Prueba de acidez

Se retiró el papel y se observó su color: El papel permaneció amarillo, indicando que la concentración de ácidos inorgánicos estaba por debajo del límite de 700 ppm, por lo que el aceite pasó la prueba (Figura 79).



*Figura 79. Resultado de prueba de acidez*

Se documentó el resultado de la prueba, confirmando que el aceite cumplía con el límite aceptable de acidez para ácidos inorgánicos. No se observaron anomalías, y el aceite fue considerado apto para su uso continuo en el sistema hidráulico. Este procedimiento permitió evaluar la condición del aceite de manera eficiente y confirmar que se encontraba en condiciones óptimas para su funcionamiento.

### **2.3.3. Resultados del diagnóstico**

A continuación, se hace referencia al checklist correspondiente al tanque de aceite hidráulico, los cuales se encuentran en la Tabla 55 del apartado de Anexos 3. Este fue completado con base en la información recopilada durante las visitas técnicas. En función del proceso de diagnóstico guiado por dicho checklist, se concluye lo siguiente:

- a) Se logran observar partículas metálicas en el fondo del tanque, dentro del aceite. Esto puede ser señal de corrosión tanto en la tapadera como en la parte superior del tanque en donde descansa la tapadera de este.
- b) Para el caso del aceite hidráulico, este no muestra ningún olor fuerte que pueda evidenciar signos de desgaste, y tiene un color transparente y una consistencia tal que se puede aseverar que dicho fluido se encuentra en buenas condiciones. Además, el aceite pasó la prueba de acidez, el cual valida la inexistencia a de ácidos que pueden evidenciar deterioro.
- c) Se logra evidenciar una fuga de aceite en el cordón de soldadura que une la pata izquierda al tanque de aceite.
- d) La estructura del tanque de aceite muestra deterioro en la pintura y algunas rayaduras.

## **2.4. Diagnóstico del filtro de aceite hidráulico**

### **2.4.1. Inspección visual**

Para realizar una evaluación preliminar del estado actual del filtro de aceite hidráulico, perteneciente a la unidad de poder del equipo de oleohidráulica, se realiza una inspección visual. Este procedimiento se realiza utilizando herramientas como lupa para identificar detalles, toallas absorbentes y franela industrial para limpiar la superficie, lámpara para mejorar la visibilidad y una cámara para documentar el proceso, además del uso de EPP.

- I. La inspección visual se realiza con el filtro de aceite desconectado de la unidad de poder, facilitando la manipulación y acceso para la ejecución de la prueba.



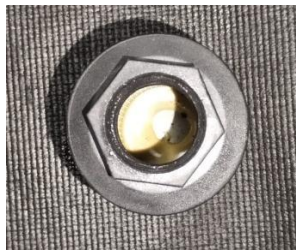
*Figura 80. Desmontaje y desconexión del filtro de aceite*

- II. Luego, se limpia toda la parte exterior con franela industrial y toallas absorbentes para eliminar suciedad o acumulación de residuos y aceite en la superficie. Por medio de la limpieza se obtiene una visibilidad más detallada del filtro de aceite y utilizando herramientas como la lupa y lampara se analiza a profundidad la carcasa del filtro para corroborar si existen signos de daños externos como abolladuras, grietas o deformaciones, además, se corrobora si no existe corrosión o decoloración (Figura 81).



*Figura 81. Limpieza exterior del filtro de aceite*

- III. También, se realiza una inspección visual en el interior del filtro para verificar que no existan deformaciones, roturas o acumulación excesiva de contaminantes en el elemento filtrante. Además, se examina la parte interior para identificar posibles signos de corrosión o daño, corroborando que no haya sedimentos o depósitos de contaminantes en el fondo del filtro (Figura 82).



*Figura 82. Inspección visual del interior del filtro de aceite*

- IV. Se verifica el estado de las conexiones roscadas para asegurar de que no presenten daños visibles como desgaste excesivo, abolladuras o roscas deterioradas. También, se corrobora que los sellos estén en buen estado, sin señales de fuga de aceite ni deterioro debido al uso. Finalmente, se inspecciona el estado de las juntas del filtro de aceite para corroborar su integridad estructural y que no existan daños, desgastes o fugas (Figura 83).



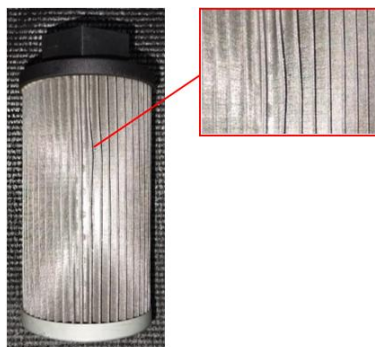
*Figura 83. Inspección de conexiones roscadas, sellos y juntas*

## 2.4.2. Resultados del diagnóstico

Se presenta un checklist del filtro de aceite hidráulico de las inspecciones visuales detalladas en el apartado de Anexo 3.

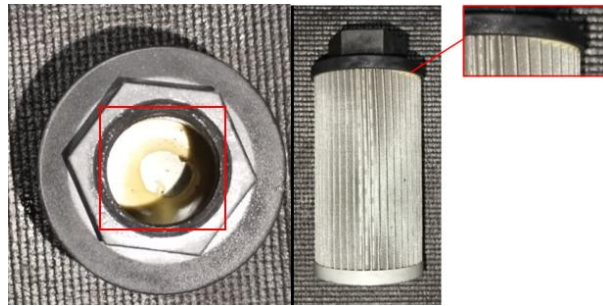
Después de una serie de inspecciones realizadas al filtro, las cuales se mencionan en la Tabla 56; con los resultados obtenidos de estas, se describe el estado en el que se encuentra el componente con el siguiente diagnóstico:

- I. El filtro de aceite se encuentra en buen estado estructural, sin obstrucciones en la carcasa interna ni externa y no presenta grietas ni decoloración. Las conexiones roscadas no presentan daño, abolladuras o desgaste. Además, no se observan signos de fuga en los sellos ni en las juntas. Sin embargo, presenta una deformación en la carcasa externa provocadas por su manejo inadecuado. Este problema no afecta el rendimiento operativo del filtro, ya que no compromete el filtrado correcto del aceite hidráulico. Esta deformación se considera un defecto superficial sin impacto crítico en su rendimiento (Figura 84).



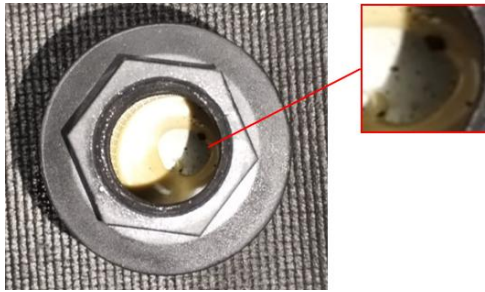
*Figura 84. Abolladura en la carcasa externa del filtro de aceite*

- II. El adhesivo que une las tapas superior e inferior a la carcasa del filtro está expuesto tanto en el interior como en el exterior de la bomba. Esta situación es un defecto de fabricación que no compromete el rendimiento del filtro de aceite, ya que no afecta ni obstruye el elemento filtrante (Figura 85).



*Figura 85. Adhesivo expuesto en la parte interior y exterior del filtro de aceite*

- III. Al realizar la inspección visual al interior del filtro de aceite hidráulico se observa presencia de sedimentos en pequeña cantidad, sugiriendo que el sistema de filtración no está reteniendo todas las partículas contaminantes. No obstante, los componentes del equipo de oleohidráulica no presentan signos de daños internos causados por esta deficiencia en el filtrado. Se necesita realizar pruebas con el equipo en operación para analizar el desempeño del filtro. Además, es necesario realizar inspecciones visuales periódicas para monitorear la acumulación de sedimentos y confirmar que el filtro está cumpliendo su función de manera óptima (Figura 86).



*Figura 86. Acumulación de sedimentos contaminantes en la parte inferior del filtro de aceite*

## **2.5. Diagnóstico de la estructura metálica del equipo**

En este apartado se presenta el diagnóstico de la estructura metálica del equipo de oleohidráulica, a partir de inspecciones visuales y pruebas de funcionamiento realizadas con el objetivo de evaluar su integridad, operatividad y estado general.

### **2.5.1. Inspección visual**

Se lleva a cabo una inspección visual detallada de la estructura metálica, la cual abarca la revisión de las uniones, los porta módulos, y los soportes de los manifolds; tanto de alimentación como de descarga. Para asegurar que todos los componentes se encuentren en condiciones adecuadas.

- I. Se revisa el estado de las uniones utilizando un destornillador tipo Philips, verificando cuidadosamente que todos los tornillos estén correctamente ajustados. Este paso es muy importante para garantizar la estabilidad y seguridad de las conexiones en la estructura metálica (Figura 87).



*Figura 87. Estructura base del equipo*

- II. Se revisa el interior de la estructura metálica. Para ello, se retira la parte trasera, lo que permite acceder a la base de la estructura y a componentes como los manifolds de alimentación y descarga. Durante esta inspección, se verifica que las uniones sean sólidas y que no exista oxidación excesiva. Además, se realiza una revisión de los manifolds para asegurarse de que no presenten fugas (Figura 88).



*Figura 88. Inspección estructura base interna, soldadura y manifolds*

### **2.5.2. Verificación del estado**

En esta etapa, se llevarán a cabo pruebas de las partes móviles de la estructura metálica, que incluyen la revisión de las ruedas, las gavetas y sus cerraduras. Se comprobará su funcionamiento y se evaluará si presentan algún desgaste o mal funcionamiento. Esta evaluación es importante para asegurar la operatividad y seguridad de la estructura.

- I. Primero, se cambia de posición la estructura base para evaluar el deslizamiento de las ruedas y asegurarse de que ninguna esté atascada, lo cual es importante para garantizar una buena lubricación y un movimiento adecuado.
- II. A continuación, se procede a intentar abrir todas las cerraduras para comprobar su funcionamiento y garantizar que se puedan usar sin dificultad.
- III. Luego, se abren las gavetas y se verifica que los rodamientos estén adecuadamente lubricados, lo que es esencial para un movimiento suave y eficiente.



*Figura 89. Funcionamiento de partes móviles, ruedas, gavetas y cerraduras*

### **2.5.3. Resultados del diagnóstico**

Las inspecciones visuales y pruebas de funcionamiento realizadas a la estructura metálica, descritas en los apartados 2.5.1 y 2.5.2, fueron guiadas por el checklist que se encuentra en la Tabla 57 del apartado de Anexos 3. A partir de los resultados obtenidos mediante esta herramienta, se presenta a continuación el diagnóstico del estado actual del componente.

- I. Se puede mejorar el giro de las ruedas de desplazamiento de la estructura metálica realizando una limpieza para eliminar suciedad y elementos que interfieran con el movimiento. Esto ayudará a reducir la fricción y facilitará un movimiento más suave, lo que contribuirá a un mejor funcionamiento general de la estructura.
- II. Es necesario reemplazar las cerraduras que están dañadas o faltantes. Esto es importante para asegurar que los componentes del equipo oleohidráulico se almacenen de manera adecuada y segura, evitando posibles pérdidas o daños.



*Figura 90. Cerraduras en mal estado y ruedas con resequeadad*

## **2.6. Diagnóstico de las válvulas de control de presión**

### **2.6.1. Inspección visual**

Se llevará a cabo una inspección visual completa para evaluar el estado de la válvula de control de presión, es decir, la de alivio de la unidad de poder y las dos ubicadas en el módulo de control de presión. Este proceso incluirá una revisión detallada de sus componentes, tanto externos como internos, con el fin de

identificar cualquier signo de desgaste o deterioro. Se prestará especial atención a los sellos de estanqueidad. Para el desmontaje, se utilizarán herramientas adecuadas que garanticen la seguridad y la eficacia del procedimiento, así como el equipo EPP correspondiente.

- I. Para llevar a cabo la inspección de las válvulas de presión, primero debe desacoplarse de los bloques manifold que se encuentran en la unidad de poder y en el módulo de presión. Utilizando una llave fija de 1 pulgada, se procede a girar cada válvula desde el hexágono situado en el cuerpo de esta.



*Figura 91. Válvulas de control de presión*

- II. Se revisan las partes externas de las válvulas, incluyendo el estado del sello externo, la rosca de unión al manifold y el estado del tornillo de ajuste. Además, se verificará la integridad del cuerpo de la válvula, buscando indicios de fugas en las uniones.



*Figura 92. Revisión de componentes externos*

- III. Se sujetan las válvulas a una prensa de banco, cuidadosamente desde la parte hexagonal del cuerpo. Seguidamente, se afloja la tuerca de ajuste utilizando una llave de 3/4 de pulgada. Luego, con una llave Allen de 3/16, se afloja el perno de ajuste. Este procedimiento libera la presión generada por el resorte, lo que facilita la separación de la parte superior de ajuste del resto del cuerpo de la válvula teniendo así acceso a los componentes interno de las válvulas.



*Figura 93. Desacople de las válvulas y revisión de uniones*

- IV. Para la válvula de alivio RV2 se extraen manualmente los siguientes componentes, el resorte y el obturador de la válvula piloto. Luego, se revisa el estado de estos componentes, examinando si presentan desgastes superficiales o deformaciones.



*Figura 94. Obturador y resorte de la válvula piloto de la válvula RV2-10*

- V. Para las válvulas RV3 de acción directa que se encuentran en el módulo de presión, se pueden extraer los siguientes componentes: el resorte, la guía del obturador y el obturador. Para extraer el obturador, se utiliza

un destornillador plano de 2 milímetros, sobre el cual se aplica una ligera presión. Luego, se revisará el estado del obturador y su sello de estanqueidad, así como también el estado del resorte y la guía.



*Figura 95 . Revisión de componentes internos de las válvulas RV3-10*

VI. Finalmente, se procede a limpiar cuidadosamente con un cepillo metálico los restos de cinta selladora que puedan haber quedado en las superficies de contacto. Una vez que la zona esté completamente libre de residuos, se aplica una nueva capa de cinta selladora para asegurar un buen sellado. A continuación, se ensambla la válvula por completo, asegurándose de que todos los componentes queden bien ajustados y en su lugar.

### **2.6.2. verificación del estado**

Para determinar el estado de la válvula, se realizarán ajustes en todo su rango, desde la posición de resistencia mínima a la presión hasta la máxima, inspeccionando su recorrido en cada etapa. Este proceso es primordial para detectar anomalías en los tornillos de ajuste de las válvulas de control de presión



*Figura 96. Recorrido de las válvulas RV3-10 Y de la RV2-10*

El recorrido de las válvulas limitadoras de presión RV3-10 es el mismo para ambas, con un rango de ajuste comprendido entre 9.69 mm y 24.58 mm. Sin embargo, en la válvula de alivio RV2-10, el recorrido es bastante menor, ya que varía entre 16.27 mm y 23.33 mm, lo que podría indicar una anomalía. Para confirmar su estado, se realizarán pruebas de funcionamiento y, con base en los resultados, se determinará si es necesario su reemplazo.

### **2.6.3. Resultados del diagnóstico**

En esta etapa del diagnóstico de las válvulas de control de presión, se presentan los resultados de la inspección visual en el checklist según el apartado Anexo 3 en Tabla 58 y Tabla 59, junto con las conclusiones sobre el estado de los componentes.

Del proceso de diagnóstico anteriormente se puede concluir lo siguiente respecto a las válvulas de control de presión:

- I. Los cuerpos de las válvulas presentan pocos defectos; únicamente se observó suciedad superficial, como aceite y polvo, así como algunas rayaduras menores.

- II. Los sellos de estanqueidad se conservan en buen estado, sin presentar deformaciones visibles. Además, han preservado sus dimensiones originales y es notable que aún mantienen sus propiedades elásticas, por lo que se espera no tener fugas en la válvula.
- III. Los pernos de ajuste de las válvulas RV3-10 presentan un desgaste total en el fresado hexagonal, lo que afecta por completo su función. Por ello, lo más adecuado sería reemplazar los pernos o, en su defecto, cambiar las válvulas por completo, ya que en esas condiciones no es práctico utilizarlas en las prácticas de laboratorio.



*Figura 97. Fresado hexagonal del tornillo de ajuste de las válvulas RV3-10*

- IV. El recorrido de la válvula RV2-10 es menor que el de las válvulas RV3-10, lo que podría indicar un posible desperfecto. Para evaluar su estado, se realizarán pruebas de funcionamiento y, según los resultados, se determinará si es necesario su remplazo.



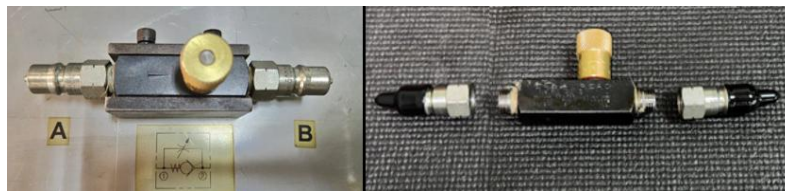
*Figura 98. Pasi3n inferior de la v3lvula RV2-10 y de la v3lvula RV3-10*

## 2.7. Diagnóstico de la válvula de control de flujo

### 2.7.1. Inspección visual

Esta inspección consistirá en examinar las superficies externas de la válvula y evaluar el estado del regulador, enfocándose principalmente en la detección de posibles atascos, fricciones o holguras. Finalmente, se revisarán las partes internas que actúan como válvula antirretorno en el flujo de la válvula.

- I. Primero, se extrae la válvula del módulo correspondiente. Para ello, se desatornilla utilizando una llave Allen de 5 mm. Una vez extraída la válvula, se lleva al banco de prensa para separarla de sus acoples rápidos.



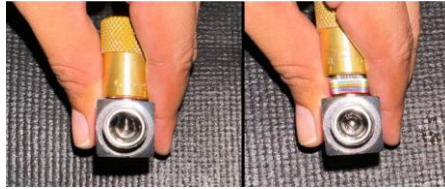
*Figura 99. Inspección visual de la válvula de control de flujo*

- II. Luego, se limpia el residuo de la cinta selladora con un cepillo metálico y se inspeccionan las roscas de la válvula y de los acoples rápidos para asegurarse de que no haya deformaciones. Además, se busca cualquier residuo o partícula que pueda afectar el correcto acople de las piezas.



*Figura 100. Inspección de conexiones roscadas*

- III. se lleva a cabo una revisión del estado de la aguja, la esfera obturadora y el asiento de esta última. Durante esta revisión, se evalúa el desgaste superficial y se verifica la presencia de partículas extrañas que puedan afectar su funcionamiento.



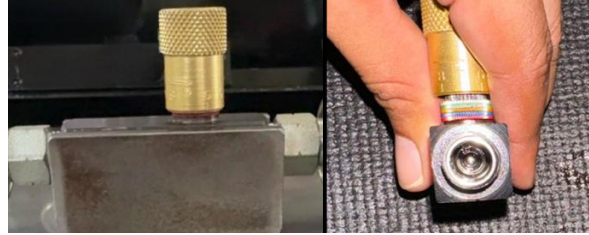
*Figura 101. Inspección de partes móviles aguja y obturador*

### **2.7.2. Verificación del estado**

Para comprobar el buen estado de la válvula de control de caudal, es necesario conocer el estado de la perilla de ajuste y de la aguja, ya que son los elementos que controlan el flujo. Además, es importante revisar el mecanismo antirretorno que posee, ya que esto garantiza el control de flujo unidireccional.

- I. Se verifica que el giro de la perilla sea suave y uniforme a lo largo de todo su recorrido. Es fundamental que la aguja se eleve de manera consistente bajo estas mismas condiciones. Cualquier irregularidad en el movimiento puede indicar un problema que afecte el funcionamiento

de la válvula. Por lo tanto, se presta especial atención a estos detalles para garantizar que se encuentra en buenas condiciones.



*Figura 102. Revisión del funcionamiento de perilla y aguja*

- II. Se verifica que el resorte del sistema antirretorno de la válvula se encuentre en buenas condiciones. Para ello, se introduce un cilindro de 1 mm de diámetro con el extremo redondeado para comprimirlo, prestando atención a que, en su recorrido, no haya obstrucciones ni otra resistencia diferente a la del propio resorte.



*Figura 103. Revisión del funcionamiento del sistema antirretorno*

### **2.7.3. Resultados del diagnóstico**

Se presenta una recopilación de datos en forma de checklist de las inspecciones visuales y de verificación del funcionamiento de la válvula de control de flujo, plasmado en el apartado de Anexo 3 Tabla 60.

Con base en el proceso de diagnóstico y a los resultados vistos en la Tabla 60, se pueden extraer las siguientes conclusiones sobre la válvula de control de flujo:

- I. La válvula presenta leves desgastes superficiales, lo cual sugiere que este desgaste puede ser causado por la base de acople en el módulo, ya sea por la base misma o por los tornillos de sujeción. Sin embargo, las roscas de los acoples y de la válvula se encuentran en perfectas condiciones.
- II. Además, la perilla de ajuste está en óptimas condiciones, ya que no se observan anomalías en su desplazamiento. De igual manera, no hay problemas evidentes en el vástago de la aguja.
- III. En el sistema antirretorno de la válvula, no se han encontrado daños evidentes, y el sello entre el asiento y el obturador están en correcto estado y libres de partículas extrañas.

## **2.8. Diagnóstico de las válvulas antirretorno**

### **2.8.1. Inspección visual**

Para realizar la inspección visual de las válvulas antirretorno se utilizarán dos herramientas principales: una llave hexagonal de 15 mm y otra de 19 mm. Además, se emplearán una prensa de banco, una linterna, una cámara fotográfica y el equipo de protección personal (EPP).

- I. Se examina el cuerpo de la válvula, el estado de los acoples rápidos y de los adaptadores, buscando posibles golpes o signos de deterioro evidente antes del desacople de la válvula.



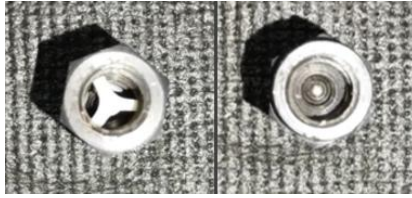
*Figura 104. Estado inicial de las válvulas antirretorno*

- II. Se sujeta la válvula en una prensa de banco y se retiran los acoples rápidos usando una llave de 19 mm, mientras se sostiene el adaptador macho-macho y se aplica un contratorque para evitar el giro del adaptador. Finalmente, se extrae el acople macho-macho con una llave de 15 mm.



*Figura 105. Válvula antirretorno sin acoples*

- III. Se procede a limpiar meticulosamente los acoples, adaptadores y la rosca de las válvulas utilizando un cepillo metálico para eliminar los residuos de cinta selladora de PTFE. Posteriormente, se inspecciona la esfera obturadora y el asiento, asegurándose de que el ajuste entre ambos componentes no presente signos de desgaste excesivo.



*Figura 106. Estado interno de la válvula: roscas y obturador*

### **2.8.2. Verificación del estado**

De manera similar a la revisión del sistema antirretorno de la válvula de control de flujo, se llevará a cabo la verificación del estado de la válvula antirretorno, ya que ambos componentes son similares al ser producidos por el mismo fabricante.

Se evalúa el estado del resorte comprimiendo el obturador, empleando una barra metálica de punta redonda de 1 mm de diámetro. El movimiento del resorte debe ser suave y libre de fricciones. La presencia de fricción sugiere la posible presencia de cuerpos extraños dentro de la válvula o una deficiencia en la lubricación.



*Figura 107. Revisión del funcionamiento del resorte*

### **2.8.3. Resultados del diagnóstico**

Se presenta el checklist de inspección visual y de verificación de estado para las válvulas antirretorno plasmado en el apartado de Anexo 3 Tabla 61.

Con base en el proceso de diagnóstico descrito en la inspección visual y verificación de estado y el análisis descrito en la Tabla 61, se pueden extraer las siguientes conclusiones sobre las válvulas antirretorno:

- I. Las válvulas antirretornos muestran algunas rayaduras leves y oxidación superficial, lo cual es normal con el uso. No obstante, en general, la condición superficial de las válvulas es excelente. Estas pequeñas imperfecciones no comprometen el rendimiento general de las válvulas.
- II. El ajuste entre el obturador y el asiento se encuentra en excelente estado y presenta un sellado hermético, lo que garantiza un buen funcionamiento. Durante la inspección, no se observaron indicios de rayaduras en el asiento ni en el obturador. Estas condiciones indican que el mecanismo de cierre funciona adecuadamente, sin signos de desgaste o deterioro que puedan afectar su funcionamiento.
- III. Las roscas de la válvula y de los acoples se encuentran en buenas condiciones. Se les realizó limpieza y se cubrieron nuevamente con cinta selladora adecuadamente. Aparte del residuo de cinta selladora, no se encontraron otras impurezas.
- IV. En la verificación del estado de los resortes de las válvulas, se obtuvieron excelentes resultados. El movimiento del resorte fue fluido y sin irregularidades, guiado fácilmente por el obturador de esfera. Esto indica que no hay partículas que impidan el movimiento y demuestra que el resorte se conserva en buenas condiciones.

## 2.9. Diagnóstico de cilindros hidráulicos de doble efecto

### 2.9.1. Inspección visual

Se debe tener en cuenta el uso del equipo de seguridad (casco, botas de seguridad y gafas) para realizar cualquier tipo de intervención en el equipo, hacer el uso correcto de herramientas en cada aplicación. Se describe a detalle el paso a paso de la inspección visual realizada a los cilindros de doble efecto.

- I. Se extrae el módulo de actuadores de la estructura metálica y se verifica que la base en donde van montados los dos cilindros hidráulicos no tengan golpes o abolladuras y que los agujeros donde va sujeto estén en óptimas condiciones (Figura 108).



*Figura 108. Módulo de actuadores*

- II. Se verifico el estado de pernos y abrazaderas que sujetan el cilindro de doble efecto al módulo.
- III. Se buscaron restos de aceite por posible fuga en los sellos o juntas del cilindro, de igual forma se inspecciono el cuerpo externo del cilindro buscando golpes o abolladuras visibles y también se busca presencia de oxido en el componente.

- IV. Se despresurizaron los cilindros hidráulicos, colocando las mangueras por medio de los acoples directos. En este paso se logra determinar el funcionamiento del acople rápido y el desplazamiento adecuado del cilindro.
- V. Se inspecciona el vástago antes de ser retraído buscando partículas extrañas debido al sedimento que podría arrastrar el fluido y también se observa la condición del vástago en busca de daños mecánico y oxidación.

### **2.9.2. Resultados del diagnóstico**

Se presenta a continuación el checklist de los cilindros de doble efecto de las inspecciones visuales detalladas en el apartado de Anexo 3.

Después de una serie de pruebas realizadas a los cilindros hidráulicos, las cuales se mencionan en la Tabla 62, con los resultados obtenidos de estas, se describe el estado en el que se encuentra el componente con el siguiente diagnóstico:

- I. Ambos cilindros hidráulicos se retraen y extienden con normalidad, no se observa pérdida de presión o fuga de fluido mientras se le realizan las pruebas.
- II. El estado físico de la estructura del componente así y la sujeción está en óptimas condiciones, no presenta daños ni defectos.

## **2.10. Diagnóstico de cilindros de la electroválvula 4/3 con centro tándem**

En este apartado se presenta el diagnóstico de la electroválvula 4/3 con centro tándem del equipo de oleohidráulica, realizado a través de una inspección visual y pruebas de funcionamiento. El objetivo fue evaluar el estado físico del componente, verificar la integridad de sus conexiones, y confirmar el correcto accionamiento del vástago y la respuesta de la bobina ante el suministro eléctrico, asegurando así su operatividad dentro del sistema.

### **2.10.1. Inspección visual**

Para realizar la inspección visual a la electroválvula se debe hacer uso de guantes de protección debido a que se manipularán objetos cortantes. Además, se requiere el uso de una lámpara y una cámara para poder documentar los detalles que se pueden encontrar en dicho componente y de destornilladores Phillips y de cruz.

- I. Se desacopla el módulo de control direccional del porta módulos del equipo. Es importante asegurarse de no forzar las conexiones para evitar daños en los sellos o en los componentes internos. Una vez retirado, se coloca el módulo sobre una superficie limpia y estable para continuar con la inspección visual detallada (Figura 109).



*Figura 109. Módulo de control direccional del equipo de oleohidráulica*

- II. Se examina la carcasa de la electroválvula en busca de grietas, abolladuras o cualquier deformación (Figura 110).



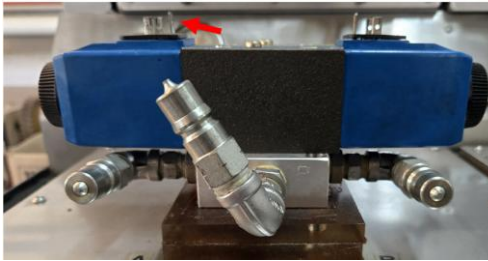
*Figura 110. Inspección de la carcasa de la electroválvula*

- III. Se revisa las conexiones para asegurarte de que no estén dobladas o dañadas (Figura 111).



*Figura 111. Revisión de las conexiones de la electroválvula*

- IV. Se revisa que los terminales eléctricos estén bien ajustados, sin signos de corrosión o abolladuras (Figura 112).

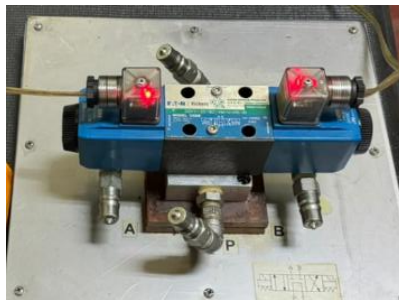


*Figura 112. Inspección de los terminales eléctricos*

### **2.10.2. Verificación del estado**

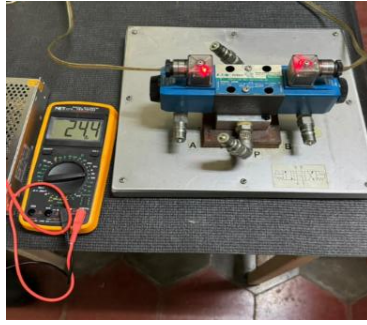
Para las pruebas de funcionamiento de la electroválvula se requiere uso de guantes de protección, gafas de protección. Con respecto a las herramientas se hace uso de un destornillador imantado, una linterna, un multímetro y el uso de la fuente de poder que tiene el equipo de oleohidráulica.

- I. Se conecta la fuente de poder a los terminales de la electroválvula.
- II. Se enciende la fuente de poder y se verifica que los unas luces LED rojas se enciendan en cada terminal de la electroválvula (Figura 113).



*Figura 113. Electroválvula conectada a la fuente de alimentación*

- III. Con la ayuda del multímetro se mide el voltaje que la electroválvula recibe y se valida si es el valor que corresponde al mencionado en las especificaciones técnicas de dicha electroválvula (24 V).



*Figura 114. Verificación del voltaje recibido por la electroválvula*

- IV. Se desconecta la fuente de poder de la electroválvula y con la ayuda de llaves tipo Allen, se desacopla la electroválvula del módulo de control direccional. Así será posible ver la parte inferior de la electroválvula en donde se puede observar su vástago realizar su recorrido (Figura 115).



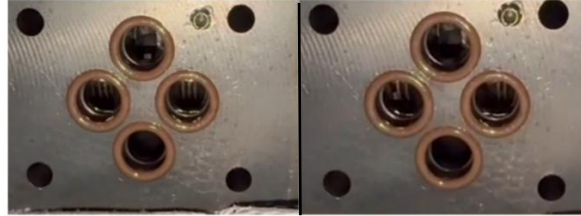
*Figura 115. Se desconecta la fuente de poder de la electroválvula*

- V. Una vez desacoplada la electroválvula se procede a conectar el terminal de la izquierda a la fuente de poder para poder accionar el vástago hacia la derecha (Figura 116).



*Figura 116. Terminal derecho de la electroválvula conectada a la fuente de poder*

- VI. Se verifica si el vástago se acciona al encender la fuente de poder (Figura 117).



*Figura 117. Izquierda: vástago sin accionar. Derecha: vástago accionado*

- VII. Se repite el mismo proceso, pero ahora conectando solo el terminal de la izquierdo.
- VIII. Con los dos terminales conectados se le suministra energía a la bobina y se introduce un objeto ferromagnético (como un destornillador) en el campo magnético para verificar si se imanta.

### **2.10.3. Resultados del diagnóstico**

El estado de la electroválvula 4/3 con centro tándem fue evaluado mediante los procedimientos descritos en los apartados 2.10.1 e 2.10.2, que incluyen una inspección visual y pruebas de funcionamiento. La información recopilada durante estas actividades fue registrada en el checklist de inspección correspondiente, el cual se encuentra en la Tabla 63 del apartado de Anexos 3. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas de dicho diagnóstico.

- I. Uno de los terminales de la electroválvula muestra cierta inclinación, provocado por golpes o mala manipulación del componente en el transporte o al conectarlo a la fuente de poder. Dicha condición no

representa ningún impedimento en el funcionamiento del componente debido a que se puede conectar la electroválvula a la fuente de poder sin mayor complicación con dicha inclinación.

- II. La alimentación eléctrica que se le suministra a la electroválvula es la adecuada, la fuente de poder le provee 30 W a 24 V de corriente directa al componente.
- III. El accionamiento de los vástagos de la electroválvula funciona de manera correcta, tanto el accionamiento hacia la izquierda como hacia la derecha responden al conectarse solo uno de los terminales de la electroválvula (ya sea el derecho o el izquierdo) a la fuente de poder.
- IV. La bobina de la electroválvula funciona de manera correcta, esto se evidencia cuando se conecta dicho componente a la fuente de poder y se introduce un objeto ferromagnético y se observa que este es atraído por el campo magnético que genera la bobina al suministrarle energía.

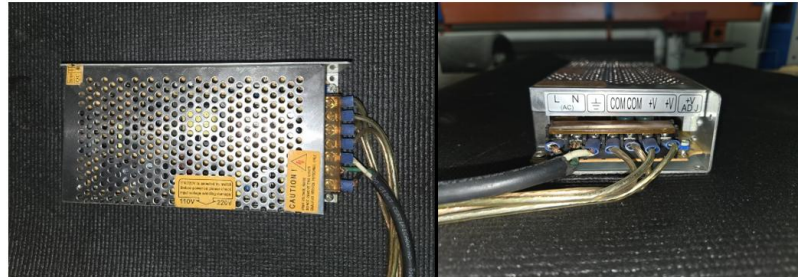
## **2.11. Diagnóstico de fuente de corriente directa**

### **2.11.1. Inspección visual**

Se realizará una inspección visual para evaluar el estado de la fuente de alimentación de la electroválvula. Este proceso se llevará a cabo con el equipo completamente desenergizado incluirá un análisis de la superficie de la carcasa y del cableado de la fuente.

- I. Durante la inspección visual, se lleva a cabo una revisión de la carcasa, prestando atención a posibles daños, como abolladuras o

deformaciones. Los daños en el contenedor pueden indicar que otros componentes eléctricos y electrónicos también han sufrido afectaciones, por lo que es necesario asegurarse de que todo esté en buenas condiciones.



*Figura 118. Revisión de carcasa de la fuente*

- II. Luego, se realiza una revisión del estado del cableado e interruptores. Durante este proceso, se presta especial atención al aislante del cable; se verifica minuciosamente que no existan cortes, desgastes o daños que puedan comprometer la integridad del cableado. Además, se observa que el aislante esté en condiciones óptimas para prevenir cualquier riesgo de cortocircuito o descarga eléctrica. Esta revisión íntegra garantiza un funcionamiento seguro y eficiente de la fuente de alimentación eléctrica.



*Figura 119. Inspección de conexiones, cableado e interruptores*

### 2.11.2. Verificación del estado

Para verificar el correcto funcionamiento de la fuente de corriente directa, se llevarán a cabo mediciones del voltaje de salida tanto en condiciones sin carga como con carga.

- I. En la primera prueba, sin carga, se medirá el voltaje en los terminales de la fuente para asegurar que el valor de salida sea lo más cercano posible al voltaje nominal y que no se presenten fluctuaciones anormales.



*Figura 120. Medición del voltaje de salida sin carga*

- II. Se repetirá la medición bajo carga utilizando un multímetro de mayor resolución, lo que permitirá evaluar la estabilidad del voltaje cuando la fuente alimenta un circuito activo. Al comparar ambos resultados, se podrá determinar si la fuente mantiene un rendimiento adecuado en diferentes condiciones de operación.



*Figura 121. Medición del voltaje de salida con el equipo conectado*

### **2.11.3. Resultados del diagnóstico**

En esta etapa del diagnóstico de la fuente de corriente directa, se presentan los resultados obtenidos mediante la inspección visual y la verificación de su estado. Los datos fueron registrados en un checklist plasmado en el apartado de Anexo 3 Tabla 64

A partir del proceso de diagnóstico descrito, se presentan las siguientes conclusiones sobre la fuente de corriente directa.

- I. La carcasa de la fuente se encuentra sin daños aparentes, lo que garantiza que no ha recibido golpes ni caídas; por lo tanto, se espera que sus componentes internos estén bien conectados y en buenas condiciones.
- II. El cableado está en buenas condiciones, pero necesita algunas mejoras, como mejorar el aislamiento del cableado de alimentación de la fuente. Además, es importante reintegrar los interruptores faltantes en el cableado de salida para facilitar la manipulación de la electroválvula.

- III. La prueba de funcionamiento resultó satisfactoria, ya que el voltaje de salida es el esperado y no presenta fluctuaciones al agregar la carga. Esto indica que la fuente de corriente directa está operando de manera adecuada y estable. Además, al conectar la electroválvula a la fuente, esta funcionó con normalidad, lo que confirma que el sistema está en condiciones óptimas. Estos resultados garantizan que tanto la fuente como la electroválvula están en buen estado de funcionamiento.

## **2.12. Diagnóstico de mangueras hidráulicas**

En este apartado se presenta el diagnóstico de las mangueras hidráulicas del equipo, incluyendo las de succión y descarga. La evaluación se realizó a través de una inspección visual detallada, con el objetivo de verificar su estado físico, la integridad de las conexiones y la flexibilidad del material, aspectos clave para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema oleohidráulico.

### **2.12.1. Inspección visual**

A continuación, se detalla el proceso que se llevó a cabo para realizar las inspecciones visuales para las mangueras hidráulicas; dicho proceso se aplica de la misma manera para las mangueras de succión y descarga.

- I. Se observa toda la superficie de la manguera, buscando signos de desgaste, grietas, cortes o abrasiones. Se pone especial atención en las zonas donde la manguera se dobla o entra en contacto con

superficies rugosas. Además, se examina si la cubierta externa de la manguera está en buen estado y libre de daños visibles (Figura 122).



*Figura 122. Inspección visual general de manguera hidráulicas*

- II. Se realiza una inspección detallada de la manguera y las conexiones en busca de fugas de aceite. No se observan áreas húmedas alrededor de las uniones, y otros puntos de conexión.
- III. Se verifica que las conexiones (acoples rápidos NPTF) estén firmemente ajustadas a la hora de acoplarse a los componentes, sin signos de desplazamiento o aflojamiento. Se revisa también que no haya corrosión ni daños visibles que puedan afectar su funcionalidad (Figura 123).



*Figura 123. Inspección de conexiones*

- IV. Se palpa la manguera para determinar si el tubo ha perdido flexibilidad, volviéndose duro o quebradizo. Un tubo que se endurece debido a la

exposición prolongada al calor podría agrietarse fácilmente, lo que compromete su funcionalidad (Figura 124).



*Figura 124. Prueba de rigidez de las mangueras hidráulicas*

- V. Se inspecciona la manguera en busca de rayaduras internas y externas, sobre todo si la manguera ha sido sometida a ambientes fríos. Si bien el material puede ser flexible en condiciones de temperatura ambiente, el daño por frío podría haber dejado huellas visibles.

### **2.12.2. Resultados del diagnóstico**

La información obtenida para el diagnóstico de las mangueras hidráulicas, incluyendo las de succión y descarga, fue recopilada mediante el checklist de inspección que se encuentra en la Tabla 64 del apartado de Anexos. Este instrumento abarca todos los procedimientos descritos en los apartados de inspección visual, permitiendo evaluar de manera estructurada el estado general de las mangueras. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas del proceso de diagnóstico.

- I. Ninguna de las mangueras presenta holgura al acoplarse a los acoples rápidos NPTF macho de ¼". Esto garantiza que los acoples están firmemente asegurados y, por tanto, se mantiene la integridad del

sistema hidráulico, minimizando el riesgo de fugas o desconexiones accidentales durante el funcionamiento.

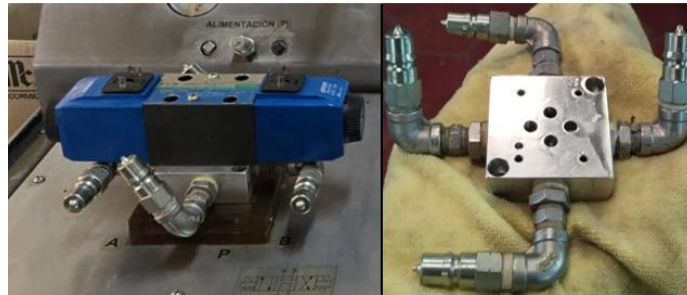
- II. No se detectaron signos de fugas de aceite en ninguna de las mangueras, incluyendo los acoples. Esta condición asegura que las mangueras están en buen estado y que las conexiones son herméticas, lo que contribuye al buen funcionamiento y seguridad del sistema hidráulico, al evitar la pérdida de fluido hidráulico y posibles problemas operativos derivados de ello.
- III. Todas las mangueras hidráulicas tienen buena flexibilidad a la hora de doblarlas, mostrando ausencia de deterioro en el material de dichas mangueras.

## **2.13. Diagnóstico de la placa de conexión para válvula direccional**

### **2.13.1. Inspección visual**

Para realizar una evaluación preliminar del estado actual de la placa de conexión para válvula direccional o placa base, perteneciente al módulo de control direccional del equipo de oleohidráulica, se realiza una inspección visual. Este procedimiento se realiza utilizando herramientas como lupa para identificar detalles, toallas absorbentes y franela industrial para limpiar la superficie, lámpara para mejorar la visibilidad y una cámara para documentar el proceso, además del uso de EPP.

- I. La inspección visual se realiza con la placa base desconectada del módulo de control direccional, facilitando la manipulación y acceso para la ejecución de la prueba (Figura 125).



*Figura 125. Desmontaje y desconexión de la placa base*

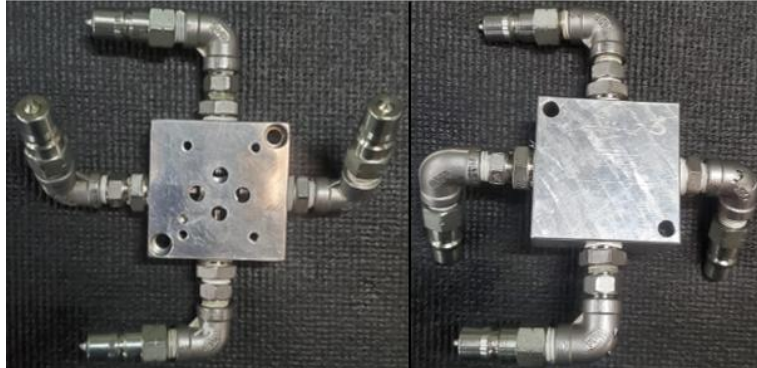
- II. Luego, se desconectan sus accesorios de interconexión para poder realizar una limpieza detallada de todo el componente con franela industrial y toallas absorbentes para eliminar suciedad, acumulación de residuos o aceite en la superficie (Figura 126).



*Figura 126. Limpieza exterior e interior de la placa base*

- III. Utilizando herramientas como la lupa y lámpara se analiza a profundidad la placa base para corroborar si existen signos de daños externos en los puntos de conexión, en roscas o áreas de montaje,

además, se corrobora si existen daños en las superficies como grietas o imperfecciones (Figura 127).



*Figura 127. Estado final de la placa base luego de realizar la inspección visual*

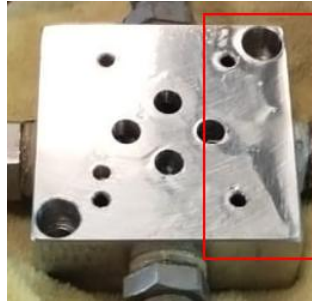
### **2.13.2. Resultados del diagnóstico**

Se presenta un checklist de la placa de conexión de la válvula direccional de las inspecciones visuales detalladas en el apartado de Anexo 3.

Después de una serie de inspecciones realizadas a la placa, las cuales se mencionan en la Tabla 66; con los resultados obtenidos de estas, se describe el estado en el que se encuentra el componente con el siguiente diagnóstico:

- I. Existe acumulación de aceite hidráulico en el interior de la placa base cuando se desconecta de la electroválvula. Se realiza una limpieza con herramientas adecuadas como toallas absorbentes y franela industrial para eliminar cualquier residuo de aceite, permitiendo realizar una inspección visual completa de su interior y exterior. La acumulación de aceite no compromete la integridad estructural del componente, lo cual se corrobora durante la inspección visual interna, ya que no se observan

daños provocados por esta acumulación de residuos de aceite hidráulico.



*Figura 128. Acumulación de aceite hidráulico en el interior y exterior de la placa base*

- II. La placa base se encuentra en excelente estado estructural, sin obstrucciones ni daños en su interior, grietas ni decoloración. Las conexiones roscadas no presentan signos de daño, abolladuras o desgaste. Sin embargo, en la parte exterior presenta rayones superficiales, estos no afectan el rendimiento operativo de la placa base, ya que no compromete su funcionalidad, considerándolo un defecto superficial. (Figura 129).



*Figura 129. Rayones superficiales en la parte externa de la placa base*

## 2.14. Diagnóstico de los bloques manifold

### 2.14.1. Inspección visual

Para realizar una evaluación preliminar del estado actual de las carcassas para válvulas de cartucho o bloques manifold, pertenecientes al módulo de control de presión y unidad de poder del equipo de oleohidráulica, se realiza una inspección visual. Este procedimiento se realiza utilizando herramientas como lupa para identificar detalles, cepillo de alambre de acero/latón para remover residuos, toallas absorbentes y franela industrial para limpiar la superficie, lámpara para mejorar la visibilidad y una cámara para documentar el proceso, además del uso de EPP.

En el equipo de oleohidráulica existen tres bloques manifold, dos en el módulo de control de presión y uno en la unidad de poder.

- I. La inspección visual se realiza con los bloques manifold desconectados del módulo de control de presión y de la unidad de poder, facilitando la manipulación y acceso para la ejecución de la prueba.



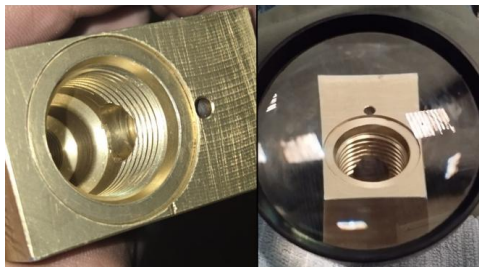
*Figura 130. Desmontaje y desconexión de los bloques manifold*

- II. Se limpia toda la superficie con franela industrial y toallas absorbentes para eliminar suciedad por polvo y grasa o acumulación de residuos en la superficie, también, se utiliza el cepillo de alambre de acero/latón para eliminar incrustaciones superficiales u oxidación. Por medio de la limpieza se obtiene una visibilidad más detallada de los bloques manifold y utilizando herramientas como la lupa y lampara se analiza a profundidad para corroborar si se presentan daños externos como: abolladuras, grietas, deformaciones, corrosión o decoloración.



*Figura 131. Limpieza exterior e interior de los bloques manifold*

- III. También, con el uso de la lupa se verifica el estado de las roscas y las áreas de conexión para asegurar de que no presenten daños visibles, fugas o desgaste.



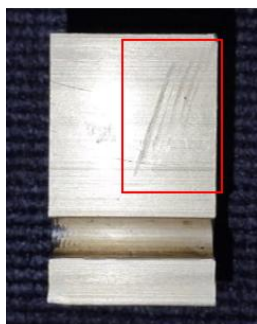
*Figura 132. Verificación del estado de las roscas y áreas de conexión*

### **2.14.2. Resultados del diagnóstico**

Se presenta un checklist de los bloques manifold de las inspecciones visuales detalladas en el apartado de Anexo 3.

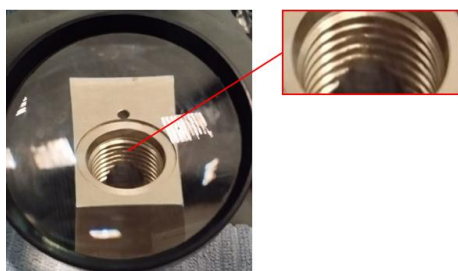
Después de una serie de inspecciones realizadas a los bloques manifold, las cuales se mencionan en la Tabla 67; con los resultados obtenidos de estas, se describe el estado en el que se encuentra el componente con el siguiente diagnóstico:

- I. Los tres bloques manifold presentan acumulación de residuos en la superficie provocada por aceite hidráulico y partículas de polvo, pero el bloque uno que pertenece a la unidad de poder presenta mayor suciedad. Se realiza una limpieza con herramientas adecuadas como toallas absorbentes y franela industrial para eliminar cualquier residuo de aceite hidráulico y polvo, permitiendo realizar una inspección visual completa de su interior, exterior y sus roscas.
- II. Todos los componentes se encuentran en buen estado estructural, no presentan grietas, abolladuras, deformación, corrosión o decoloración. Sin embargo, el bloque dos perteneciente al módulo de control de presión presenta rayones superficiales por el uso inadecuado. Se considera un defecto superficial y no afectan el rendimiento operativo del bloque manifold, ya que no compromete su funcionalidad.



*Figura 133. Rayones superficiales en el bloque manifold dos*

- III. El bloque manifold uno presenta desgaste en la rosca interna donde se conecta la válvula limitadora de presión, esto provocado por el mal acoplamiento entre estos componentes o el uso desmedido de fuerza a la hora de conectarlos. No obstante, el filete de la rosca no está completamente desgastado asegurando buena conexión entre componentes utilizando cinta selladora.



*Figura 134. Desgaste de rosca interna del bloque manifold uno*

## **2.15. Diagnóstico de accesorios de interconexión**

### **2.15.1. Inspección visual**

Para realizar una evaluación preliminar del estado actual de los accesorios de interconexión, los cuales son: Tapón, niple toda rosca, niple roscado con hexágono, reductores y codos, pertenecientes a los accesorios de conexión del

equipo de oleohidráulica, se realiza una inspección visual. Este procedimiento se realiza utilizando herramientas como lupa para identificar detalles, cepillo de alambre de acero/latón y cuchilla retráctil para remover residuos, toallas absorbentes y franela industrial para limpiar la superficie, lámpara para mejorar la visibilidad y una cámara para documentar el proceso, además del uso de EPP.

- I. La inspección visual se realiza con todos los accesorios de interconexión desconectados de los componentes hidráulicos y mangueras con conectores de acople rápido, facilitando la manipulación y acceso para la ejecución de la prueba.



*Figura 135. Desmontaje y desconexión de los accesorios de interconexión*

- II. Se limpia cada uno de los accesorios de interconexión con franela industrial y toallas absorbentes para eliminar suciedad, grasa o acumulación de residuos, también, se utiliza el cepillo de alambre de acero/latón para eliminar suciedad incrustada u oxidación. Además, por medio de una cuchilla retráctil, se elimina la cinta selladora antigua de las roscas para inspeccionar a detalle si existen daños o desgaste.
- III. Luego, utilizando herramientas como la lupa y lámpara se realiza una inspección detallada para corroborar si se presentan daños externos

como: grietas, corrosión o desgaste, inspeccionando también las roscas y áreas de conexión (Figura 136).



*Figura 136. Estado final de los accesorios de interconexión luego de realizar la inspección visual*

### **2.15.2. Resultados del diagnóstico**

Se presenta un checklist de las inspecciones visuales de los accesorios de interconexión detalladas en el apartado de Anexo 3.

Después de una serie de inspecciones realizadas los accesorios, las cuales se mencionan en la Tabla 68; con los resultados obtenidos de estas, se describe el estado en el que se encuentra el componente con el siguiente diagnóstico:

- I. La mayoría de los accesorios de interconexión presentan acumulación de residuos en la superficie provocada por aceite hidráulico y partículas de polvo. Además, todos los accesorios presentan exceso de cinta selladora por la mala aplicación a la hora de conectarlos anteriormente. Se realiza una limpieza con herramientas adecuadas como toallas absorbentes, franela industrial y cuchilla retráctil para eliminar cualquier residuo de aceite y cinta selladora, permitiendo realizar una inspección visual completa de su interior, exterior y sus roscas (Figura 137).



*Figura 137. Exceso de cinta selladora en accesorios de interconexión*

- II. Los accesorios de interconexión se encuentran en excelente estado estructural, no presentan obstrucciones, daños externos e internos, grietas o corrosión. También, las roscas, zonas de sellado y áreas de conexión no se observan signos de daño, abolladuras o desgaste.

## **2.16. Diagnóstico de manómetros**

Como parte del proceso de evaluación del sistema oleohidráulico, se realizó un diagnóstico a los manómetros instalados en el equipo, con el objetivo de evaluar su estado físico y funcional. Este procedimiento es fundamental para garantizar lecturas de presión precisas y seguras durante la operación. A continuación, se describen las actividades desarrolladas en la inspección visual, así como los hallazgos obtenidos durante la evaluación.

### **2.16.1. Inspección visual**

La inspección visual de los manómetros permite detectar posibles daños físicos, fugas, variaciones en la aguja indicadora y niveles inadecuados de glicerina, factores que pueden afectar la precisión en la medición de presión del sistema hidráulico. Mediante una revisión periódica, se verifica su correcto

funcionamiento, asegurando lecturas confiables que contribuyen a la seguridad y eficiencia del equipo. A continuación, se presentan los aspectos más importantes a revisar en una inspección visual de manómetros de glicerina.

- I. Se inspecciona la carátula del manómetro para identificar grietas, rayaduras o empañamiento que dificulten la lectura (Figura 138).



*Figura 138. Inspección de la carátula del manómetro*

- II. Se comprueba que la aguja esté en cero cuando el sistema está despresurizado y que se mueva de manera fluida al aplicar presión (Figura 139).



*Figura 139. Manómetro despresurizado*

- III. Se verifica que el manómetro contenga el nivel adecuado de glicerina y que no haya burbujas excesivas que puedan afectar la precisión de la medición.

- IV. Se examinan las conexiones del manómetro para identificar posibles fugas de aceite o pérdidas en las roscas.
- V. Se inspecciona el cuerpo del manómetro para detectar golpes, corrosión o cualquier daño físico que comprometa su funcionamiento.

### **2.16.2. Resultados del diagnóstico de manómetros**

Las condiciones de los manómetros fueron evaluadas mediante una inspección visual detallada, con base en los criterios establecidos en el checklist que se encuentra en la Tabla 69 del apartado de Anexos 3. Esta herramienta permitió identificar posibles afectaciones en su estado físico y funcionamiento. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas del diagnóstico realizado:

- I. Se identificó una grieta en el cristal de policarbonato de uno de los manómetros, lo que podría afectar la visibilidad de la lectura y comprometer su integridad.
- II. No se pudo realizar la prueba de rendimiento, ya que el motor del sistema aún no ha sido reparado, impidiendo la verificación del funcionamiento del manómetro bajo presión.

### **2.16.3. Cuadro resumen de los componentes a rehabilitar**

En la Tabla 25 se presenta un resumen los componentes del equipo de oleohidráulica que, según los resultados del diagnóstico, serán sometidos a reemplazo, restauración o se determinaron en buen estado, sin necesidad de intervención.

Tabla 25. Resumen del diagnóstico de los componentes del equipo de oleohidráulica

Componente	Reemplazo	Restauración	Buen estado
Bomba hidráulica			X
Tanque de aceite hidráulico		X	
Aceite hidráulico		X	
Motor eléctrico		X	
Estructura metálica		X	
Válvulas de control de presión	X		
Válvula de control de flujo			X
Válvulas antirretorno			X
Electroválvula		X	
Fuente de corriente directa		X	
Mangueras hidráulicas			X
Manómetros	X		
Acople M-B	X		

#### 2.16.4. Componentes complementarios

Como resultado del diagnóstico general y de las inspecciones realizadas al equipo de oleohidráulica, se identificaron ciertos elementos adicionales cuya incorporación es necesaria para garantizar su correcto funcionamiento. Estos componentes complementarios no formaban parte del diseño original del equipo o no estaban presentes por extravíos, sin embargo, se consideran esenciales para asegurar un desempeño eficiente y seguro durante la realización de las prácticas de laboratorio. A continuación, se detallan los componentes requeridos y las especificaciones que deben cumplir.

##### A) Sistema de arranque

Para asegurar la correcta operación y protección del motor eléctrico trifásico de 1.5 HP del equipo de oleohidráulica, es necesario contar con un sistema de arranque y protección adecuado. La instalación de un relé de protección resulta indispensable para evitar daños derivados de sobrecargas prolongadas y cortocircuitos, protegiendo los devanados del motor y alargando su vida útil. La selección de dicho relé debe cumplir con las especificaciones determinadas en los cálculos realizados conforme a la normativa IEC 60947-4-1 y al Código Eléctrico Nacional (NEC), en donde se estableció la necesidad de protección térmica y magnética.

- ✓ Tipo: Relé de arranque trifásico.
- ✓ Voltaje de control: 208-230 V CA.
- ✓ Compatibilidad: Motor MARATHON ELECTRIC modelo EWK 56T11O15509A.

#### **B) Manguera hidráulica adicional de 1/4" de pulgada**

Se requiere una manguera adicional para facilitar la instalación de configuraciones prácticas más versátiles en los circuitos oleohidráulicos, siendo indispensable para el desarrollo de prácticas de laboratorio. Esta manguera permitirá la correcta interconexión de componentes como válvulas y actuadores, asegurando un montaje flexible y funcional en los distintos ensayos realizados.

- ✓ Diámetro interno: 1/4" de pulgada.
- ✓ Tipo de manguera: Hidráulica reforzada de alta presión.
- ✓ Material: Caucho sintético con refuerzo de alambre de acero.

- ✓ Presión de trabajo: Igual o superior a 3000 psi.
- ✓ Tipo de conexión: Compatibilidad con acoples rápidos NPTF macho de ¼ pulg, como los existentes en el equipo.
- ✓ Una longitud de al menos 30 cm.

### **C) Accesorio en forma de "T" para interconexión**

Al igual que en el caso de la manguera hidráulica, para realizar las prácticas de laboratorio que conllevan un gran número de interconexiones es necesario otro accesorio T, el cual, con base a los ya existentes en el equipo, debe tener las siguientes especificaciones:

- ✓ 3 acoples rápidos macho de ¼" NPTF.
- ✓ 3 niples de conexión de ¼" NPT.
- ✓ 1 pieza tipo "T" de ¼" NPT en acero o latón resistente a alta presión.
- ✓ Presión de trabajo: Igual o superior a 3000 psi.
- ✓ Material: Acero galvanizado o acero inoxidable.

### **D) Extensión eléctrica**

Debido a la necesidad del desplazamiento del equipo y que ciertos puntos del taller no se tiene fácil acceso a un tomacorriente se debe conseguir una extensión eléctrica de la longitud adecuada para poder utilizar el equipo en diferentes ubicaciones. Debido a esto se consiguió una extensión con las siguientes especificaciones:

- ✓ Tipo de cable: TSJ 3×16 AWG
- ✓ Longitud: 50 pies (15.24 metros)

- ✓ Voltaje soportado: 125 V
- ✓ Capacidad de corriente: hasta 13 A
- ✓ Cubierta resistente a la abrasión y aceites, ideal para ambientes industriales
- ✓ Color: Naranja para alta visibilidad y mayor seguridad en talleres

### **3. REHABILITACIÓN DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA**

En esta etapa se llevará a cabo una serie de acciones orientadas a la rehabilitación del equipo oleohidráulico, centradas específicamente en aquellos componentes que presenten la necesidad de ser restaurados o reemplazados. Para el desarrollo de estas actividades, se tendrá en cuenta no solo el estado actual de los elementos, sino también los parámetros de funcionamiento establecidos tanto para el sistema en su conjunto como para cada uno de sus componentes individuales. De esta manera, se busca asegurar un desempeño eficiente, confiable y sostenido del equipo una vez aplicadas las mejoras previstas, reduciendo así el riesgo de futuras fallas y optimizando su operatividad general.

#### **3.1. Restauración de componentes**

##### **3.1.1. Motor eléctrico**

La rehabilitación del motor eléctrico en el equipo de oleohidráulica se llevó a cabo debido a los daños mencionados ya en el apartado 2.2.3 Resultado del diagnóstico, el mantenimiento realizado en el componente es esencial para que

este regrese a su función y así energizar el equipo. Se incluyen una serie de cálculos teóricos de los cuales obtendremos valores para comparar cuando se realice el proceso de extracción de bobinas asegurando que las conexiones del motor y el bobinado a colocar tengan las configuraciones adecuadas.

Para este desarrollo se toman en cuenta los siguientes datos:

$$\text{Datos} \left\{ \begin{array}{l} \text{Numero de ranuras } (k) = 36 \\ \text{Numero de polos } (2p) = 6 \text{ } (p = 3) \\ \text{Numero de fases } (q_n) = 3 \\ n = 1140 \text{ rpm} \\ \text{Bobinado imbricado realizado por polos consecuentes.} \end{array} \right.$$

a) Numero de grupo de bobinas

$$G_n = p \cdot q_n$$

$$G_n = 3 \cdot 3 = 9$$

**9 grupos de bobinas**

b) Numero de bobinas por grupo

$$U_b = \frac{k}{2p \cdot q_n}$$

$$U_b = \frac{36}{6 \cdot 3} = 2$$

**2 bobinas por grupo**

c) Amplitud de grupo

$$m_{amp} := (q_n - 1) \cdot U_b$$

$$m_{amp} := (3 - 1) \cdot 2 = 4$$

#### 4 espacios de amplitud por grupo

d) Paso de bobinas

$$Y_1 = \frac{N^\circ \text{ de bobinas} - 2}{2}$$

$$Y_1 = \frac{18 - 2}{2} = 8$$

$$Y_2 = \frac{Y_1 - 1}{\text{bobinas por ranura}}$$

$$Y_2 = \frac{8 - 1}{1} = 7$$

La posición de bobina para un grupo de bobinas en el ranurado será (1-8) y (2-7), es decir que el paso de bobina corresponde a (1-8) y (1-6).

Con el resultado de datos se construye el diagrama del bobinado que se muestra en la Figura 140.

e) Numero de espiras por fase ( $Z_f$ )

Para determinar el número de espiras por fase se consideran los siguientes datos:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_i = \text{Diametro del estator} = 20 \text{ cm} \\ L_e = \text{Largo del estator} = 40 \text{ cm} \\ p = \text{pares de polos} = 3 \\ B = \text{Induccion estimada del entrehierro (5 motores modernos)} \\ f = \text{frecuencia} = 60 \text{ Hz} \\ V = 230 \text{ V} \\ k = \text{Numero de ramas} \\ k_1 = 2 \text{ para bobinados de una capa (un haz por ranura)} \\ k_2 = 1.73 \text{ conexion en estrella} \\ Z_f = \text{numero de espiras por fase} \end{array} \right.$$

Para encontrar el número de espiras por fase se debe determina el paso polar ( $t_p$ ) y el flujo magnético ( $\varphi$ ) del motor eléctrico como se muestra a continuación:

$$t_p = \frac{\pi \cdot D_i}{p}$$

$$t_p = \frac{\pi \cdot 20}{3} = 20.94$$

$$\varphi = \frac{B \cdot t_p \cdot L_e}{1000}$$

$$\varphi = \frac{(5)(20.94)(40)}{1000} = 4.188$$

Luego:

$$Z_f = \frac{50 \cdot V \cdot k \cdot k_1}{2.22 \cdot \varphi \cdot f \cdot \varepsilon \cdot k_2}$$

$$Z_f = \frac{(50)(230)(36)(1)}{(2.22)(4.188)(60)(1.73)(0.966)} = 444$$

**444 Espiras por fase**

f) Cálculo de espiras por ranura

$$\frac{\# \text{ de ranuras}}{\# \text{ de fases}} = \frac{36}{3} = 12$$

$$\frac{\text{Espiras por fase}}{\text{Ranuras por fase}} = \frac{444}{12} = \mathbf{37 \text{ espiras por ranura}}$$

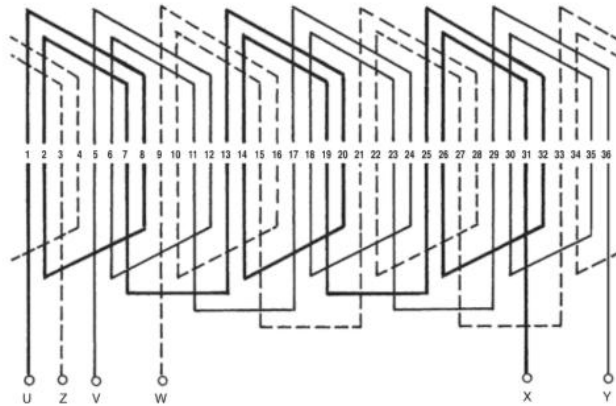


Figura 140. Diagrama de bobinado

A continuación, se describe el proceso práctico de rehabilitación:

### A) Toma de datos

Se tomó los datos de la placa del motor (Figura 141), esto forma parte importante en los registros de reparación y pueden proporcionarnos información de vital importancia sobre la causa de la falla.



Figura 141. Placa de datos técnicos, motor trifásico

### B) Desensamble

Es esencial que el motor sea desensamblado de forma cuidadosa, como también, es importante conservar adecuadamente los registros para asegurar

que, después que el motor sea reparado este pueda ser ensamblado correctamente, a continuación, se detallan las actividades realizadas en este proceso.

Se tomó nota de las marcas en los cables de salida y en las terminales.

Se verificó que en el material aislante de los cables de salida no presentaran recalentamiento en la zona de contacto con las terminales.



*Figura 142. Caja de conexiones*

Después se marcó las tapas del motor con un centro punto y un martillo, se colocó un punto en la tapa donde sobresale el eje y la cascara del estator (Figura 143) y dos puntos en la cascara trasera y la cascara del estator (Figura 144).



*Figura 143. Marca un punto carcasa frontal*



*Figura 144. Marca dos puntos cascara trasera*

Con una llave mixta de 10 mm se desacopla la tapa frontal del motor y después con ayuda de un destornillador plano se procede a desacoplar la tapa trasera del motor (Figura 145).



*Figura 145. Desmontaje de tapas frontal y trasera*

Por último, se toma el eje del motor y con sumo cuidado se extrae de forma axial el rotor del motor (Figura 146).



*Figura 146. Rotor desacoplado del motor eléctrico*

### **C) Remoción de bobinado antiguo**

En este paso se debe tener mucho cuidado y precaución al momento de tomar nota de los datos y/o conexiones con las cuales viene configurado el motor eléctrico lo que se muestra en la Tabla 26.

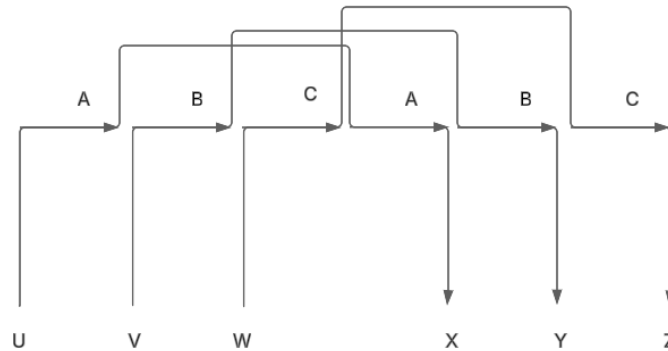


Figura 147. Diagrama de conexión en forma lineal

Se debe identificar el número de líneas y conexiones de las bobinas en el estator como se observa en el diagrama de la Figura 147, posterior a la toma de datos se corta y retira el hilo acerado con el que van sujetas las bobinas como se observar en la Figura 148.



Figura 148. Retiro de hilo acerado de bobinas

Se retira el papel aislante copaco que está recubriendo las bobinas, a continuación de esto se toma nota de lo siguiente:

- ✓ Número de ranuras que se abarca por cada bobina (paso de bobina)

- ✓ Número de grupos
- ✓ Número de bobinas por grupos

En el caso del número de grupos por bobina se puede tomar nota por bobinado presente o se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Bobinas por grupo} = \frac{N^{\circ} \text{ ranuras} \div \text{ polos}}{N^{\circ} \text{ fases}}$$

$$\text{Bobinas por grupo} = \frac{(36) \div (6)}{3} = 2$$

### **2 bobinas por grupo**

Se procede a retirar un grupo de bobinas cuidando la forma y cantidad de hilos que la conforman para que esta sirva de guía cuando estemos en el rebobinado, después de obtener el molde se cortan los siguientes grupos de bobinas y se extrae una por una, se toma una de ellas y se cuenta el número de espiras que posee cada una de las bobinas y el calibre del hilo de alambre de cobre esto con la herramienta calibrador de conductor, estos datos se presentan en la Tabla 26.

Para determinar calibre de un alambre, se pasa el conductor desnudo a través de las aberturas del calibrador de conductor American Wire Gauge (calibre de cable americano), abreviado AWG, hasta encontrar la ranura en la cual pase ajustadamente, o sea forzándolo un poco (Figura 149).

Existen calibradores con 2 escalas, una para A.W.G y en la otra está marcado el diámetro del alambre en milésimas de pulgada. El término milipulgadas o

solamente mil es un término usado por los fabricantes de alambre para indicar una milésima de pulgada.



Figura 149. Remoción de bobinas quemadas

El siguiente paso será contar el número de ranuras en el estator, extraer el papel aislante que está en la base de las ranuras y realizar limpieza con un cepillo de cerdas metálicas y un limpiador de contacto electrónico.

En la Tabla 26 se muestran los datos recolectados antes, durante y posterior a retirar el bobinado, esto es de suma importancia porque será una guía para posteriormente volver a montar y configurar el motor.

Tabla 26. Tabla resumen de características del motor

Descripción	Datos recolectados		
<b>Configuración del motor</b>	208-230 V	Arreglo Estrella	Trifásico
<b>Identificación de 6 líneas</b>	Fase A (U-X)	Fase B (V-Y)	Fase C (W-Z)
<b>Características del estator</b>	36 ranuras	9 grupos de bobinas	2 bobinas por grupo
<b>Datos de bobina</b>	Paso (1-8), (1-6)	N° espiras (37)	N° hilos por espira (1, calibre #20)

#### D) Rebobinado

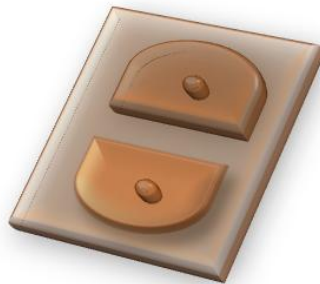
Se toma una muestra del papel aislante retirado en el paso anterior y se copia el diseño y tamaño en uno nuevo, se mide en la ranura del estator donde será

montado, en caso de quedar a la medida se prosigue a recortar los 72 aislantes de ranuras para montar el juego completo 36 primero en el estator y después cuando se embobine se colocarán para recubrir la bobina que se encuentra en cada ranura.

Se arman las bobinas y los grupos de bobinas, para esto se debe tener en cuenta los datos recolectados en la Tabla 26 y los moldes de cada bobina a fabricar.

Con ayuda de plywood de  $\frac{1}{2}$ " se realizan moldes los cuales servirán para la fabricación de bobinas, a continuación, se muestran la Figura 150.

Se colocan las placas en forma de letra "D" en la posición centrada que establece la medida de la bobina que se retiró del bobinado quemado, si en un grupo de bobinas hay más de 1 bobina se realiza la toma de medición y construcción de más moldes y se colocaran uno a continuación del otro como se observa en la Figura 151.



*Figura 150. Referencia de moldes para fabricación de bobinado*



*Figura 151. Moldes para fabricación de bobinas*

Con la ayuda de la manivela se gira el eje cada vuelta completa del molde es una espira del bobinado, con los dos grupos en la bobina se cuentan 37 vueltas en la bobina con paso (1-6), al completarse se traslada a la siguiente medida (siguiente molde) y se dan 37 vueltas a la bobina de paso (1-8), al terminar el grupo de dos bobinas se coloca tirro en cada borde de cada bobina y luego se extrae de los moldes, es importante nunca olvidar dejar suficiente alambre de cobre para la entrada y salida de la bobina que es donde irán conectadas las líneas para su posterior configuración (Figura 152).



*Figura 152. Grupos de bobinas y bobinas*

Este proceso descrito anteriormente se realiza hasta culminar los 9 grupos de bobinas. Ya con los grupos listos se procede con la instalación de bobinas en el estator.

Cuando se va a introducir una bobina o un grupo de bobinas en un estator, se debe tener en cuenta hacia donde van a quedar los principios y finales de las bobinas; primero se desamarra el lado de bobina que se va a introducir, se comienzan a meter las espiras en la ranura de una en una o por grupos pequeños de espiras, una vez metido el lado de la bobina se cuña para evitar que se salga (Figura 153), después se procede a meter el otro lado de la bobina, e igualmente se cuña; el proceso se repite para las demás bobinas.



*Figura 153. Montaje de grupo de bobinas*

Al finalizar de montar todos los grupos de bobinas se debe amarrar cada grupo para poder aislar con el papel copaco correctamente y evitar que se produzca un corto circuito. Al finalizar el proceso se obtiene el resultado como se muestra en las Figuras 154 y 155.



*Figura 154. Estator con bobinado nuevo*



*Figura 155. Bobinado con el cableado de las 6 líneas*

Se empalman las salidas de las bobinas con las 6 líneas que formaran la configuración del motor, recordar el diagrama que se muestra en la figura 7 para la conexión y etiqueta de cada línea.

### **E) Reparaciones mecánicas**

Se reemplaza el par de baleros 6203 2RS de una hilera con sello de plástico y se rectifican las aletas del rotor que se encontraban dañadas.

### **F) Ensamble**

Antes de ensamblar por completo el motor se procede a barnizar el bobinado asegurándonos que todo quede recubierto por una capa de barniz aislante y se deja secar. Posterior a este paso se coloca la tapa trasera del motor en su posición, luego se introduce el rotor con mucho cuidado de no rozar la superficie del estator con el cuerpo del rotor, se debe mantener alineado con el centro siempre. Ya colocado el estator en su posición se coloca la tapa frontal y se empernan ambas tapas, se debe asegurar que las marcas que colocamos al inicio del proceso coincidan ahora que se rearma, para evitarnos algún tipo de daño al momento de poner a prueba el motor.

Por último, realizamos conexión de líneas como se detalla en la Tabla 27.

*Tabla 27. Conexión de líneas bobinado*

<b>Líneas</b>	<b>Configuración</b>
U, V y W (Sueltas)	Entradas de corriente
(13-25), (17-29) y (21-33)	Se empalman respectivamente
X, Y y Z	Se empalman entre si formando conexión estrella

### **G) Protección-Arranque motor trifásico**

La instalación protección en un motor eléctrico trifásico de 1.5 HP es una práctica fundamental en aplicaciones industriales que buscan eficiencia, seguridad y durabilidad en los sistemas eléctricos.

El guardamotor bimetálico actúa como un dispositivo de protección térmica y magnética. Su función principal es proteger el motor frente a sobrecargas prolongadas y cortocircuitos, dos de las fallas más comunes que pueden causar daño irreversible al bobinado del motor. Al detectar una condición de sobrecorriente, el bimetal se calienta, se deforma y acciona un mecanismo de disparo que interrumpe el paso de corriente, evitando así el sobrecalentamiento del motor.

El contactor permite controlar el arranque y paro del motor a distancia, mediante señales eléctricas de bajo voltaje, lo cual incrementa la seguridad para el operador y reduce el desgaste en el sistema de control. Además, al estar conectado en serie con el guardamotor, asegura que el motor no pueda encenderse si existe una falla activa.

El conjunto guardamotor-contactador permite un diagnóstico rápido de fallas eléctricas. Por ejemplo, si el motor se detiene de manera inesperada y el guardamotor ha actuado, se puede verificar la causa de la desconexión (sobrecarga, desequilibrio de fases) y restablecer el sistema una vez corregida la anomalía, sin necesidad de sustituir componentes.

La protección adecuada frente a sobrecorriente evita el deterioro de los bobinados del motor, reduce los tiempos de inactividad y extiende la vida útil del equipo, lo que representa una disminución en los costos de mantenimiento y reposición.

La coordinación de la protección para motores eléctricos, conforme la norma IEC 60947-4-1, define la asociación de manera selectiva y segura de un dispositivo de protección contra cortocircuitos (disyuntores o fusibles), un dispositivo de maniobra (contactador) y un dispositivo de protección contra sobrecargas (relé térmico). Esta asociación tiene el objetivo de interrumpir, en tiempo hábil, toda corriente derivada de una sobrecarga o de cortocircuito. El principal objetivo de un sistema de protección de motores es evitar aumentos excesivos de temperatura en los devanados del motor debido a las condiciones de sobrecorriente. La protección coordinada del motor también debe permitir la continuidad de la operación. Esa continuidad puede ser alcanzada combinando las características de los dispositivos de protección, de forma de garantizar que no ocurran fallas que sobrepasen niveles que puedan poner en riesgo a personas o dañar el equipo.

Para la selección de la protección del motor y selección del cable alimentador nos basaremos en el artículo 430 del Código Eléctrico Nacional (NEC) que establece que los motores eléctricos deben protegerse contra sobrecarga, cortocircuito y fallas a tierra.

Protección contra sobrecarga (430.32) la protección contra sobrecarga protege el motor contra corrientes que excedan su capacidad nominal por un período prolongado.

Para la selección del guardamotor se trabaja con la corriente a plena carga del motor eléctrico y multiplicarla por el 115% para la determinar el máximo ajuste de corriente en el guardamotor, como se desarrolla a continuación:

*Corriente a plena carga  $\times$  1.15 = Valor de ajuste máximo de guardamotor*

$$3.5 (A) \times (1.15) = 6.32 A$$

*Se selecciona un guardamotor de 6.3 A max*

Los conductores de alimentación de protección del motor (Artículo 430.22 NEC) deben dimensionarse para manejar al menos el 125% de la corriente de plena carga del motor. Se debe utilizar las tablas de ampacidad del NEC (Tabla 310.16) y asegurarse de que los conductores soporten la corriente de 5.5 A (corriente nominal del motor eléctrico).

La corriente nominal del motor se selección en la tabla 430.250 (Figura 156) considerando la potencia y la configuración de voltaje a la cual está trabajando el motor como se muestra a continuación:

**Tabla 430-250.- Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna**

Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par.

Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts.

kW	hp	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado. (amperes)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (amperes)			
		115 volts	200 volts	208 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts
0.37	½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
0.56	¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
0.75	1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1.12	1 ½	12	6.9	6.6	6	3	2.4	—	—	—	—	—
1.5	2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
2.25	3	—	11	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
3.75	5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
5.6	7 ½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
7.5	10	—	32.3	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—

Figura 156. Tabla 430.250 para la selección de corriente nominal NEC

*Corriente a nominal x 1.25 = Valor de amperaje*

$$(6 A) \times (1.25) = 7.5 A$$

Con el valor de 7.5 A se busca en la tabla 310.16 (Figura 157) que este valor este en el rango para la selección del conductor, se toma en cuenta la temperatura ambiente mayor a 30°C y el tipo de conductor THHN que se encuentra con facilidad en el mercado y con un factor de protección por encima de lo recomendado se escoge un calibre AWG #12.

Tabla 28. Tabla resumen de selección protección de motor

Componente	Modelo	Especificación
Guardamotor	3RV2011-1GA10	Regulación: 4.5-6.3 A, trifásico, 208/230 V
Conductor de cobre	TSJ 4x12	AWG #12, 4 hilos, recubrimiento vulcanizado

CONDUCTOR AMPACITIES - NEC Table 310-16

Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated 0-2000 Volts, 60-90°C, Not More Than 3 Conductors in Raceway or Cable or Earth (directly buried), Based On Ambient Temperature of 30°C (86°F).

Size	Temperature Rating Of Conductor						Size
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	TYPES TW <sup>0</sup> UF <sup>0</sup>	TYPES FEPW <sup>0</sup> RHW <sup>0</sup> , RHW <sup>0</sup> THHW <sup>0</sup> , THW <sup>0</sup> THW <sup>0</sup> , USE <sup>0</sup> XHHW <sup>0</sup> , ZW <sup>0</sup>	TYPES TA, TBS, SIS SA, FEP <sup>0</sup> , MI FEPB <sup>0</sup> , RHW-2 RHH <sup>0</sup> , THIN <sup>0</sup> THHW <sup>0</sup> , THW-2 THWN-2, XHH USE-2, XHHW <sup>0</sup> XHHW-2, ZW-2	TYPES TW <sup>0</sup> UF <sup>0</sup>	TYPES RHW <sup>0</sup> , RHW <sup>0</sup> THHW <sup>0</sup> , THW <sup>0</sup> THW <sup>0</sup> , USE <sup>0</sup> XHHW <sup>0</sup>	TYPES TBS, SA SIS, THIN <sup>0</sup> THHW <sup>0</sup> , THW-2 THWN-2, RHH <sup>0</sup> RHW-2, USE-2 XHH, XHHW XHHW-2, ZW-2	AWG kcmil
COPPER			ALUMINUM OR COPPER CLAD ALUM.				
18	....	....	14	....	....	....	
16	....	....	18	....	....	....	
14	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	25 <sup>0</sup>	....	....	....	
12	25 <sup>0</sup>	25 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	25 <sup>0</sup>	12	
10	30	35 <sup>0</sup>	40 <sup>0</sup>	25	30 <sup>0</sup>	35 <sup>0</sup>	
8	40	50	55	30	40	45	
6	55	65	75	40	50	60	
4	70	85	95	55	65	75	
3	85	100	110	65	75	85	
2	95	115	130	75	90	100	
1	110	130	150	85	100	115	
1/0	125	150	170	100	120	135	
2/0	145	175	195	115	135	150	
3/0	165	200	225	130	155	175	
4/0	195	230	260	150	180	205	
250	215	255	290	170	205	230	
300	240	285	320	190	230	255	

Figura 157. Tabla 310.16 selección de conductor NEC

A continuación, se presenta el arreglo del circuito eléctrico para la protección-arranque del motor eléctrico trifásico acompañado con la visual en donde se montó y su arreglo en la Figura 158.

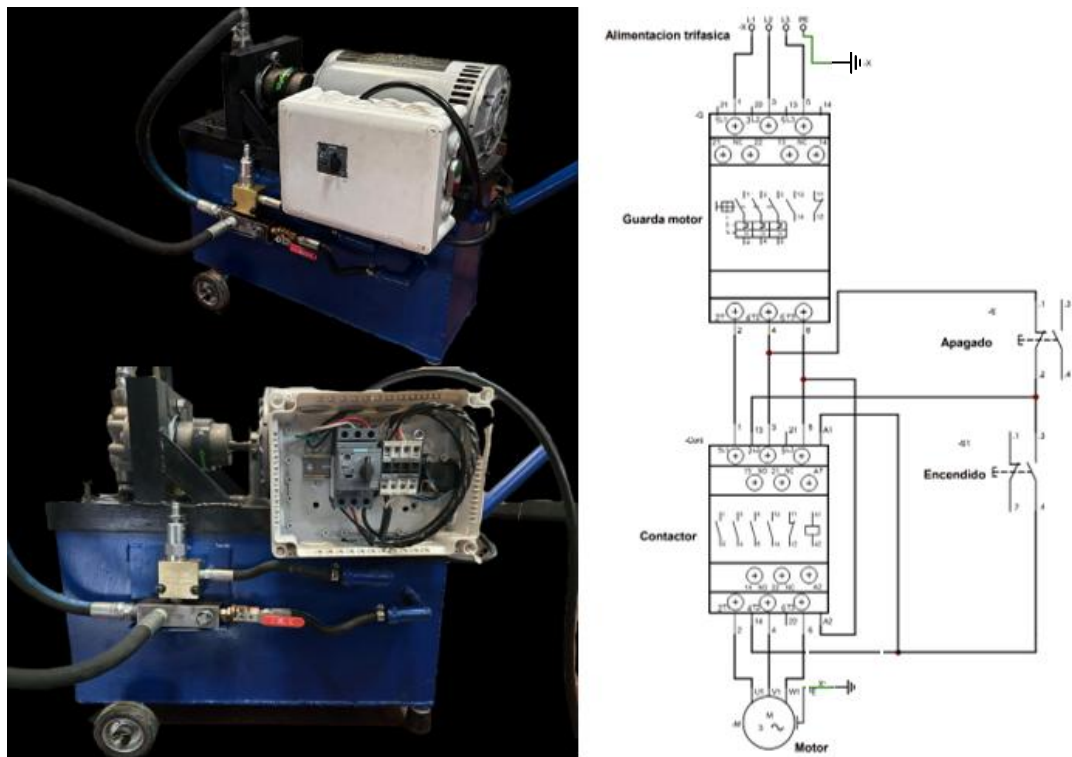


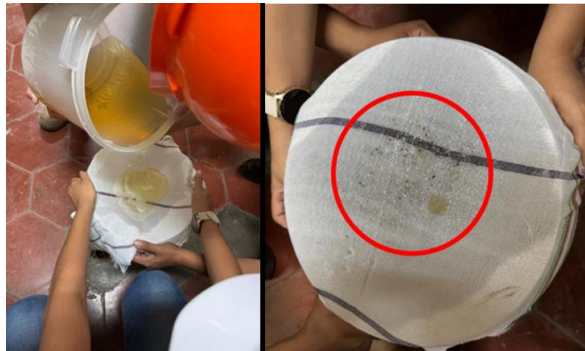
Figura 158. Circuito eléctrico para la protección-arranque del motor eléctrico

### **3.1.2. Tanque de aceite hidráulico**

Para garantizar el correcto funcionamiento del tanque de aceite hidráulico, se llevó a cabo un proceso de reparación y rehabilitación que incluyó el trasiego y filtrado del aceite, la limpieza del tanque y el sellado de fugas.

#### **A) Trasiego y filtrado del aceite hidráulico**

Para poder remover las partículas contaminantes que se encontraban dentro del aceite hidráulico se realizó el trasiego y el filtrado de este a través de una manta de algodón para colado (Figura 159).



*Figura 159. Trasiego y filtrado del aceite hidráulico*

#### **B) Sellado de las fugas de aceite del tanque**

El sellado de las fugas de aceite, ya que dichas fugas son provocadas por fisuras muy pequeñas en la estructura metálica, se realizaron con un pegamento epóxico, debido a su bajo costo, su fácil aplicación y su efectividad en superficies que suelen estar húmedas.



*Figura 160. Pegamento epóxico utilizado para tapar las fugas del tanque de aceite hidráulico*

Primero, se aprovechó para realizar una limpieza general del tanque con paños absorbentes, jabón neutro y agua para poder remover las últimas partículas metálicas al fondo del tanque, además, se lijó la pintura de los cordones de soldadura de las patas del tanque y con los paños absorbentes se eliminó cualquier otra suciedad ya que es en donde se encuentran las fugas.



*Figura 161. Izquierda: Tanque con partículas y suciedad al fondo. Derecha: Tanque después de limpieza*

Luego, se aplicó el pegamento epóxico alrededor del cordón de soldadura de las patas, asegurándose de que se distribuya de manera uniforme alrededor de dicha superficie. A pesar de que sea más difícil la aplicación del pegamento epóxico, se debe hacer uso de guantes debido a que dicho producto puede irritar la piel al entrar en contacto.



*Figura 162. Aplicación de pegamento epóxico en los cordones de soldadura de las patas del tanque hidráulico*

Luego de aplicarlo en las dos patas del tanque se debe dejar secar al menos 30 minutos para que el pegamento termine de endurecer.

### **C) Pintado del tanque de aceite hidráulico**

Con la ayuda de papel de lija se remueve en la medida de lo posible la pintura de toda la superficie del tanque. Después se le aplica pintura anticorrosiva de color “azul brillante industrial”.



*Figura 163. Pintura anticorrosiva azul brillante industrial*

Se utilizó un rodillo para pintar las superficies más grandes y una brocha de esponja para las superficies y partes más pequeñas del tanque.



*Figura 164. Pintado del tanque de aceite hidráulico*

#### **D) Cambio de empaques del tanque de aceite hidráulico**

Los empaques del tanque de aceite oleohidráulico se cambiaron por unos nuevos utilizando cintas de unión de cloruro de polivinilo ya que los anteriores habían perdido el adhesivo y buena parte del empaque se habían desprendido.



*Figura 165. Cambio de empaques del tanque de aceite hidráulico*

#### **E) Taladrado de los agujeros para los pernos de sujeción de la bomba de engranes al tanque**

Para que la bomba y el motor estén completamente asegurados al tanque mientras esté en operación se necesitó sujetarlos a la tapadera del tanque, para poder instalar dichos pernos se necesitó realizar los agujeros tanto en la tapadera como en las orillas del tanque, en donde van los empaques. Para marcar los agujeros en la tapadera, se ensambló el motor y la bomba con el acople motor

bomba y se marcaron los agujeros en una posición tal que dicho acoplamiento estuviera lo más alineado posible, haciendo uso de una regla de nivel.

A través de un taladro eléctrico y una broca de titanio de 5/16 pulg, se realizaron todos los agujeros.



*Figura 166. Taladrado de los agujeros de sujeción de la bomba al tanque*

### **3.1.3. Estructura metálica**

A la estructura metálica se realizó limpieza exterior e interior y se le realizó el cambio de cerraduras.

#### **A) Limpieza de estructura metálica**

Se realizó la limpieza exterior de toda la estructura metálica removiendo principalmente el polvo que este adquirió dentro del taller.



*Figura 167. Estado inicial del exterior de la estructura metálica*

Se limpió el polvo de la misma manera para el interior de la estructura, siendo necesario remover ciertas láminas de la estructura para poder acceder el interior.



*Figura 168. Limpieza del interior de la estructura metálica*

## **B) Cambio de cerraduras**

Se realizó el cambio de las cerraduras de las gavetas que estaban en mal estado o que no se encontraban. En este caso las gavetas 2,3 y 5. A continuación, se muestra el estado en el que se encontraban dichas gavetas metálicas.



*Figura 169. Gavetas de la estructura metálica*

Las cerraduras nuevas y su respectiva instalación se muestran a continuación.



Figura 170. Cerraduras nuevas para las gavetas en mal estado



Figura 171. Instalación de las cerraduras

#### **3.1.4. Fuente de corriente directa**

Después de realizar la inspección visual y la verificación del estado, se determinó que el funcionamiento de la fuente de corriente directa es correcto. No obstante, se identificaron algunos aspectos a mejorar, como la ausencia de interruptores en el cableado de salida, los cuales son fundamentales para facilitar la manipulación de la electroválvula direccional. Asimismo, es necesaria la reubicación del cableado de alimentación, ya que actualmente no cumple con las normas establecidas en la identificación de conductores.

##### **A) Instalación de interruptores en la fuente de corriente directa**

Se instalaron interruptores con una capacidad de 6 A y 120 W en el cableado de salida de la fuente de corriente directa, con el objetivo de facilitar el

accionamiento de la electroválvula en sus tres posiciones. Estos interruptores cuentan con la capacidad necesaria para manejar la potencia de 30 W requerida por la electroválvula.



Figura 172. Instalación de interruptores en el cableado de salida de la fuente CD

## B) Reubicación del cableado

Se reubicó el cableado de alimentación de la fuente de acuerdo con la norma NEC (NFPA 70), la cual define los colores para los conductores en sistemas eléctricos, estableciendo el uso de negro para la fase, blanco para el neutro y verde para la tierra. Esta reorganización tiene como objetivo mejorar el orden en este componente del equipo oleohidráulico. Además, los conductores fueron recubiertos con cinta aislante para aumentar la seguridad y prevenir posibles cortocircuitos o descargas eléctricas a los usuarios del equipo.



Figura 173. Reubicación y encintado del cableado de alimentación

### **3.1.5. Mangueras hidráulicas**

Luego de realizar la inspección visual y obtener el diagnóstico del estado actual de las mangueras hidráulicas se descartaron daños como desgaste de conexiones, pérdida de flexibilidad, daños superficiales, entre otros. Se realizó la rehabilitación de estas para posteriormente utilizarlas en las pruebas de funcionamiento del equipo de oleohidráulica, asegurando que estén en un estado óptimo para el uso seguro de los bachilleres que realicen sus prácticas de laboratorio.

Por el poco uso del equipo antes de fallar, la restauración de las mangueras es sencillo y se desglosa en los siguientes pasos: desmontaje, limpieza, cambio de cinta selladora y ensamble (este proceso de restauración también se aplica a los accesorios de interconexión). A continuación, se detalla cada uno de estos:

#### **A) Desmontaje de acoples rápidos NPTF**

Debido al uso del equipo tras su entrega, las mangueras hidráulicas presentaron acumulación de aceite en su interior. Como parte del procedimiento de limpieza interna, se realizó la extracción del fluido residual. Para ello, se llevó a cabo la desconexión de los acoples rápidos NPTF de 1/4", verificando la integridad de las roscas para asegurar su correcto estado. El proceso de desmontaje (Figura 174) se efectuó empleando una prensa para fijar la manguera y una llave ajustable para la desconexión de los acoples.



*Figura 174. Desmontaje de acoples rápidos NPTF y accesorios de interconexión*

### **B) Limpieza de mangueras y conexiones**

Se realizó una limpieza general de las mangueras hidráulicas y los acoples rápidos NPTF con franela industrial y desengrasante WD-40, para eliminar rastros de aceite acumulado en el exterior, residuos de polvo. También, se utilizó un cepillo de alambre de acero/latón para remover la cinta selladora antigua (Figura 175).



*Figura 175. Limpieza de mangueras y conexiones*

### **C) Cambio de cinta selladora de conexiones rápidas**

Luego de la limpieza y verificación del estado de las roscas, se le cambió la cinta selladora de teflón colocándola en sentido de las agujas del reloj, para que

la rosca selle correctamente y asegure que no existan posibles fugas (Figura 176).



*Figura 176. Colocación de cinta selladora de teflón*

#### **D) Ensamble de acoples rápidos NPTF**

Para finalizar la restauración, se ensamblaron los acoples rápidos con las mangueras hidráulicas, empleando una prensa para fijar la manguera y una llave ajustable para la conexión de los acoples aplicando un apriete adecuado en el cual garantice una correcta conexión (Figura 177).



*Figura 177. Conexión de acoples rápidos y mangueras hidráulicas*

## 3.2. Cambio de componentes

### 3.2.1. Válvulas de control de presión

Anteriormente se realizaron inspecciones visuales a las válvulas de control de presión, específicamente a la válvula de alivio ubicada en la unidad de poder y a las dos válvulas del módulo de control de presión. Durante la inspección, se detectó un desgaste significativo en el hexágono interno de los tornillos de ajuste de las válvulas RV3-10 del módulo de presión, mas no en la válvula de alivio.



*Figura 178. Desgaste del hexágono del tornillo de ajuste de las válvulas de control de presión RV2-10*

Dado que no es posible reemplazar únicamente los tornillos de ajuste debido a la falta de refacciones disponibles tanto en el mercado nacional como internacional, se tomó la decisión de sustituir por completo las válvulas del módulo. Esta medida tiene como objetivo garantizar el correcto funcionamiento del sistema y permitir el desarrollo de las prácticas sin inconvenientes.



*Figura 179. Comparación de los hexágonos de las válvulas originales y de las nuevas*

### 3.2.2. Manómetros

Luego de realizar la inspección visual y obtener el diagnóstico del estado actual de los manómetros, se detectaron daños irreparables como fractura en el lente y pérdida del tapón de llenado. Se realizó el cambio ya que la reparación no era viable por la dificultad de encontrar los componentes dañados y extraviados.

El proceso de cambio e instalación de los manómetros se realizó siguiendo los siguientes pasos: desmontaje de manómetros antiguos, limpieza del área de instalación, aplicación de cinta selladora e instalación de manómetros nuevos. A continuación, se detalla cada uno de estos:

#### A) Desmontaje de manómetros antiguos

Para el desensamble del manómetro instalado en la estructura metálica (Figura 180), se retiraron piezas de lámina de la estructura teniendo el espacio adecuado para desinstalar el manómetro. Se utilizó una llave ajustable para la desconexión de del acople.



Figura 180. Desinstalación del manómetro ubicado en la estructura metálica

Posteriormente, se desmontó el manómetro instalado en un conector en T utilizado para realizar circuitos hidráulicos en las prácticas de laboratorio (Figura 181).



*Figura 181. Desinstalación de manómetro ubicado en un conector en T*

### **B) Limpieza del área de instalación**

Para asegurar una instalación óptima de los nuevos manómetros, se realizó limpieza general al manifold de alimentación y al conector en T que son los puntos de conexión de estos componentes. Utilizando franela industrial y desengrasante WD-40 se eliminó residuos de aceite y partículas de polvo adheridas a la superficie externa. Además, con un cepillo de alambre de acero/latón se removió la cinta selladora antigua en las roscas.

### **C) Aplicación de cinta selladora**

Luego de la limpieza y verificación del estado de las roscas, se le cambió la cinta selladora de teflón colocándola en sentido de las agujas del reloj, para que la rosca selle correctamente y asegure que no existan posibles fugas.

### **D) Instalación de manómetros nuevos**

Por medio de una llave ajustable se ensambla el manómetro al manifold de alimentación que está ubicado en la estructura metálica (Figura 182).



*Figura 182. Instalación del manómetro ubicado en la estructura metálica*

Finalmente, se instaló el segundo manómetro al conector en T; este se fijó en la prensa y se le ensambló el manómetro con ayuda de una llave ajustable (Figura 183).



*Figura 183. Instalación de manómetro ubicado en un conector en T*

### **3.3. Selección del acople motor-bomba**

#### **3.3.1. Acoples de transmisión de potencia**

Los acoples mecánicos son componentes esenciales en los sistemas de transmisión de potencia, ya que permiten diferentes conexiones, como la

prolongación de líneas de transmisión o uniendo tramos de ejes en planos diferentes o con direcciones paralelas. Su función principal es transmitir el par de torsión desde el eje motriz hasta el eje conducido, asegurando una operación eficiente y continua del sistema mecánico. Además, los acoples mecánicos modernos pueden compensar desalineaciones, absorber vibraciones, proteger otros componentes del sistema de posibles sobrecargas y minimizar el choque que se transmite de un eje a otro. Estos se clasifican principalmente en dos categorías: *Rígidos y flexibles*.

### **A) Acoples rígidos**

Los acoples rígidos están diseñados para conectar dos ejes de manera fija, asegurando una unión firme sin permitir movimiento relativo entre ellos. Su principal característica es que no permiten ningún tipo de movimiento relativo entre los ejes acoplados, lo que exige una alineación precisa durante su instalación. Son ideales para sistemas donde se necesita mantener una conexión directa y precisa bajas altas cargas y velocidades constantes.



*Figura 184. Acople de brida*

La Figura 184 muestra un acople rígido de brida, en donde las bridas se montan en los extremos de cada eje y se unen mediante una serie de pernos. De

esta manera, la carga pasa desde el eje motriz a su brida, pasa por los pernos a la brida acoplada resultando en el impulso del eje acoplado.

Otro acople rígido es el tipo **manguito** el cual se muestra en la Figura 185, estos son ideales para acoplar dos ejes cuando no se requiere flexibilidad. Constan de un manguito de una pieza con dos tornillos de ajuste. La aplicación adecuada es para sistemas de baja velocidad y de alta precisión.



*Figura 185. Acople de manguito*

Además de estos acoples rígidos existen los **acoples cónicos**, los cuales tienen una superficie cónica para garantizar una conexión sólida mediante un ajuste de interferencia, estos son comunes en aplicaciones donde es necesaria una alineación precisa y una fijación segura entre los ejes. También existen los **acoples con pernos**, que incorporan pernos que atraviesan los dos ejes para mantenerlos firmemente unidos. Este tipo de acople es simple y robusto, sin embargo, requieren precisión en la perforación de los ejes para evitar desalineaciones y garantizar una adecuada transmisión de potencia.

El uso de acoples rígidos presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Presentan eficiencia en la transmisión de potencia ya que no permiten movimiento entre los ejes, por ende, no hay pérdidas de potencia, asegurando una transmisión eficiente.
- ✓ Su diseño simple presenta una facilidad de instalación, además requieren un mantenimiento mínimo, siempre que la alineación sea precisa.
- ✓ Soportan cargas elevadas y torsiones importantes sin deformarse ni perder su integridad estructural.
- ✓ Son más económicos debido a su simplicidad de diseño.

También existen desventajas, las cuales son las siguientes:

- ✓ Presentan sensibilidad a desalineaciones entre los ejes generando tensiones internas, vibraciones, desgaste acelerado o incluso fallos irreversibles en el sistema.
- ✓ No ofrecen amortiguación ni absorción de vibraciones, lo que puede transmitir impactos a lo largo del sistema.
- ✓ La instalación necesita una precisión en la alineación, requiriendo métodos especializados (indicadores de diámetro, alineación laser de ejes), aumentando el tiempo inicial de montaje.
- ✓ No absorben impactos o cambios bruscos en la carga, lo que puede provocar fallas en los componentes conectados.

Los acoples rígidos se utilizan en aplicaciones donde se requiere una transmisión de potencia eficiente y una conexión confiable, como en *maquinaria pesada* (prensas, molinos y compresores), *sistemas de alta precisión*

(herramientas CNC y equipos de medición) y mecanismos con *transmisión de torque directo* (bombas centrífugas y generadores eléctricos). También son ideales para *ejes de baja longitud* donde la distancia entre los ejes es mínima, minimizando la desalineación. En todas estas aplicaciones, su principal ventaja es garantizar una alineación precisa, una conexión mecánica segura y una operación óptima del sistema.

### **B) Acoples flexibles**

Los acoples flexibles son componentes diseñados para conectar dos ejes en una transmisión de potencia, permitiendo cierto grado de movimiento relativo entre ellos. Su función principal es compensar desalineaciones angulares, axiales y radiales, además de adsorber vibraciones y reducir tensiones mecánicas en los componentes acoplados. Gracias a su capacidad de flexibilidad, cuando ocurre un desalineamiento, las piezas del acople se adaptan con mínima o ninguna resistencia; de tal manera que no se desarrollen esfuerzos axiales o de flexión en el eje.

Existen una gran cantidad de acoples flexibles, los cuales se seleccionan en función de la aplicación específica, considerando factores como torque, velocidad, alineación y absorción de vibraciones.

Los **acoples JAW** conocidos también como acople tipo quijada, están diseñados para minimizar el desgaste de rodamientos y cojinetes debido a que su relación peso-potencia es baja. Su estructura consta de dos cubos metálicos con dientes en forma de quijada, los cuales se acoplan mediante un inserto de

elastómero conocido como “araña”. Este elemento permite hasta 2° de desalineamiento angular entre los ejes, la absorción de vibraciones y reducción del impacto durante la transmisión de torque. Debido a su facilidad de instalación, bajo mantenimiento y capacidad de operar en condiciones exigentes, son ampliamente utilizados en bombas, compresores y motores eléctricos. No obstante, presentan limitaciones, entre ellas su capacidad limitada transmisión de potencia y la necesidad de desmontar axialmente uno de los cubos para poder reemplazarlo (Figura 186).



Figura 186. Acople tipo JAW

Sin embargo, existe un acople tipo JAW de la marca *Falk Wrapflex Elastomer Couplings* (Figura 187) que presenta variadas mejoras con respecto al acople JAW convencional, dentro de las cuales destaca el hecho que para sustituir el inserto, no es necesario borrar los centros ni desalinearse los ejes, lo que reduce el tiempo de inactividad del equipo cuando se le realiza el mantenimiento.



Figura 187. Acople tipo JAW de la marca Falk Wrapflex

Además, los acoples flexibles más utilizados en la industria son los acoples de engranajes, de rejilla y de cadena. Los **acoples de engranajes** están conformados por dos cubos dentados y una funda externa, permiten compensar cierto grado de desalineación angular y axial, siendo ampliamente utilizados en maquinaria de alto torque, bombas y reductores de velocidad. Los **acoples de rejilla** emplean una rejilla metálica flexible que se inserta entre los dientes de los cubos, lo que les permite absorber impactos y vibraciones, siendo adecuados para motores eléctricos, compresores y bombas industriales. Por último, los **acoples de cadena** constan de dos ruedas dentadas conectadas por una cadena, lo que les otorga flexibilidad y capacidad de absorción de cargas de choque, por lo que son empleados en sistemas de transmisión con cargas variables y equipos de minería.

El uso de acoples flexibles presenta las siguientes ventajas:

- a) Tienen tolerancia a desalineamientos por lo que pueden compensar desalineaciones angulares, axiales y radiales, reduciendo la necesidad de una alineación perfecta.
- b) Ayudan a minimizar las vibraciones y choques.
- c) Ya que no se requiere una alineación precisa, su instalación es más sencilla que la de los acoples rígidos.
- d) Absorben impactos y torsiones excesivas, protegiendo los ejes y otros componentes que pueden sufrir daños.

También existen desventajas, las cuales son las siguientes:

- a) No son adecuados para transmisiones de potencia extremadamente altas.
- b) Los componentes flexibles sufren mayor desgaste con el tiempo, requiriendo mantenimiento o reemplazo.
- c) Algunos diseños de acoples pueden ser más costosos que los rígidos ya que la mayoría incorporan materiales avanzados.
- d) Existen limitaciones de temperatura y ambiente por parte de los materiales flexibles, ya que estos pueden degradarse en entornos extremos, como altas temperaturas, presencia de químicos agresivos o exposición de rayos UV.

### 3.3.2. Investigación y selección del acople motor-bomba

Debido a que la bomba cuenta con un eje de perfil nervado y el eje del motor presenta un cuñero, se procede a calcular las longitudes requeridas para el acoplamiento entre estos elementos.

#### A) Torque de arranque

Se obtiene primero el torque nominal sabiendo que la potencia del motor  $P_{motor} = 1.5 \text{ HP} \approx 1.12 \text{ kW}$  y a continuación, se calcula la velocidad angular:

$$\omega = (1140 \text{ rpm}) \left( \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} \right) \approx 119.38 \text{ rad/s}$$

Se procede a calcular el torque nominal con la siguiente expresión.

$$T_n = \frac{P}{\omega} = \frac{1.12 \times 10^3 \text{ W}}{119.38 \text{ rad/s}} = 9.3818 \text{ N.m}$$

Se tomará el criterio de que el torque de arranque será el doble del torque nominal.

$$T_{arr} = 2T_n = 2(9.3818 \text{ N.m})$$

$$T_{arr} = 18.7636 \text{ N.m}$$

### B) Longitud mínima de la cuña verificación por esfuerzo cortante

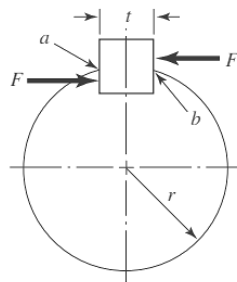


Figura 188. Diagrama de fuerzas del acoplamiento eje-cuña (Budynas, Nisbett, & Shigley, 2009)

A continuación, se muestran los datos iniciales para el cálculo de la longitud mínima de cuña, los cuales son el radio del eje del motor “r”, el ancho del cuñero “t”, el esfuerzo de fluencia en tensión para un acero *AISI 1010 CD* “ $S_y$ ” y el factor de seguridad “n” para pares negativos, (“Falk Wrapflex Elastomeric Couplings,” 2014).

$$r = 7.94 \text{ mm}$$

$$t_e = 4.82 \text{ mm}$$

$$S_y = 300 \text{ MPa}$$

$$f.s = 3$$

Se procede a calcular la fuerza F.

$$F = \frac{T_{arr}}{r} = \frac{18.7636}{0.00794} = 2363.17 \text{ N}$$

Luego se obtiene el esfuerzo cortante de fluencia con la siguiente expresión:

$$S_{sy} = 0.75 S_y = 0.75(300 * 10^6) = 225 * 10^6 \text{ MPa}$$

Con estos datos se puede calcular la longitud mínima de cuña con la siguiente expresión de teoría de falla de esfuerzo cortante máximo.

$$\frac{S_{sy}}{f \cdot s} = \frac{F}{t_e l_{min}}$$

$$\frac{225 \times 10^6}{2.8} = \frac{2363.1738 \text{ N}}{4.82 l_{min}}$$

$$l_{min} = 0.0065 \text{ m} = 6.5 \text{ mm}$$

### C) Longitud mínima de la cuña verificación por esfuerzo de aplastamiento

De la misma manera, con los datos anteriormente obtenidos se realiza el cálculo de la longitud de cuña a través de la siguiente expresión de la teoría de falla de esfuerzo por aplastamiento.

$$\frac{S_y}{f \cdot s} = \frac{F}{t_e l_{min} / 2}$$

$$\frac{300 * 10^6 \text{ Pa}}{3} = \frac{2363.17 \text{ N}}{\frac{(4.82 * 10^{-3}) l_{min}}{2}}$$

$$l_{min} = 0.0098057 \text{ m} = 9.8 \text{ mm}$$

Por tanto, el acople a seleccionar debe tener una longitud mínima de 9.15mm del lado del motor eléctrico.

La longitud mínima de acoplamiento entre el eje de la bomba y el cubo nervado se determinará utilizando la ecuación para la longitud de ranuras, conforme al libro Diseño de máquinas de Norton.

$$l \cong \frac{d_r^3 \left(1 - d_i^4 / d_r^4\right)}{d_p^2}$$

Figura 189. Longitud de ranura (Norton, RL (2011). Diseño de máquinas: Un enfoque integrado (4.a).

*Pr)*

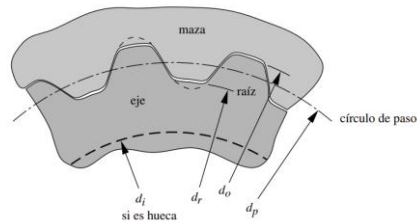


Figura 190. Geometría de una ranura (Norton, 2011)

Donde:

$$d_p = 13.5 \text{ mm}$$

$$d_r = 12 \text{ mm}$$

$$d_i = 0 \text{ mm}$$

Entonces.

$$l_{min} \cong \frac{(12 \text{ mm})^3 \left(1 - \frac{0}{(12 \text{ mm})^4}\right)}{(13.5 \text{ mm})^2}$$

$$l_{min} \cong 9.48 \text{ mm}$$

La longitud más crítica se encuentra en el lado del eje del motor. Por lo tanto, es necesario seleccionar un acople cuyas superficies de contacto tengan longitudes superiores a 9.8 mm.







#### **D) Selección del acople motor-bomba**

Se selecciona un acople flexible tipo Jaw (acople tipo quijada) debido a su excelente capacidad para transmitir torque de manera eficiente, al mismo tiempo que absorbe vibraciones, desalineaciones y choques mecánicos dentro del sistema. Este tipo de acoplamiento es ampliamente utilizado gracias a su confiabilidad y versatilidad en distintos entornos operativos. Su diseño modular, que incluye un elemento elástico central fácilmente reemplazable, no solo facilita el mantenimiento, sino que también permite una rápida reposición en caso de desgaste, lo que contribuye significativamente a la reducción de tiempos de inactividad no planificada. Además, su capacidad para amortiguar impactos repentinos y proteger componentes sensibles ante sobrecargas mecánicas lo convierte en una opción altamente recomendable para asegurar tanto la durabilidad como el rendimiento de los equipos en aplicaciones industriales y académicas. Gracias a estas características, el acople Jaw se consolida como una solución práctica y efectiva para el equipo de prácticas oleohidráulicas.

En este caso, se ha seleccionado un acoplador Jaw de la marca Rexnord, perteneciente a la serie elastomérica Falk Wrapflex. Por ello, se realizará la

selección técnica correspondiente con base en el catálogo oficial de productos de Rexnord comenzando con la Tabla 29 de factores de servicio.

Tabla 29. Factores de servicio (“Falk Wrapflex Elastomeric Couplings,” 2014)

Torque Demands Driven Machine	Typical applications for electric motor or turbine driven equipment	Typical Service Factor
	Constant torque such as Centrifugal Pumps, Blowers and Compressors.	1.0
	Continuous duty with some torque variations including Plastic Extruders, Forced Draft Fans.	1.5
	Light shock loads from Metal Extruders, Cooling Towers, Cane Knife, Log Haul.	2.0
	Moderate shock loading as expected from a Car Dumper, Stone Crusher, Vibrating Screen.	2.5
	Heavy shock load with some negative torques from Roughing Mills, Reciprocating Pumps, Compressors, Reversing Runout Tables.	3.0
	Applications like Reciprocating Compressors with frequent torque reversals, which do not necessarily cause reverse rotations.	Refer to Factory

Se seleccionó un factor de servicio de 3 debido a las condiciones operativas del sistema. Este valor se compara considerando los pares negativos generados por subidas de presión en el sistema, que pueden causar cargas transitorias adicionales. El factor garantiza la durabilidad y el rendimiento del acople en estas condiciones exigentes.

Tabla 30. potencias equivalentes ("Falk Wrapflex Elastomeric Couplings," 2014)

Service Factor ①	Actual HP																									
	3/4	1	1½	2	3	5	7½	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
1.0	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
1.25	0.94	1.25	1.9	2.5	3.8	6.3	9.4	12.5	19	25	31	38	50	63	75	94	125	156	188	250	312	375	438	500	563	625
1.5	1.1	1.5	2.3	3.0	4.5	7.5	11.3	15	23	30	38	45	60	75	90	113	150	188	225	300	375	450	525	600	675	750
1.75	1.3	1.8	2.6	3.5	5.3	8.8	13.1	18	26	35	44	53	70	88	105	131	175	219	262	350	438	525	613	700	787	875
2.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	10.0	15.0	20	30	40	50	60	80	100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000
2.5	1.9	2.5	3.8	5.0	7.5	12.5	18.8	25	38	50	63	75	100	125	150	187	250	312	375	500	625	750	875	1000	1125	1250
3.0	2.3	3.0	4.5	6.0	9.0	15.0	22.5	30	45	60	75	90	120	150	180	225	300	375	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500
3.5	2.6	3.5	5.3	7.0	10.5	17.5	26.2	35	52	70	87	105	140	175	210	262	350	437	525	700	875	1050	1225	1400	1575	1750

① For service factors not listed, Equivalent HP = Actual HP x Service Factor.

De este modo, se obtiene una potencia equivalente de 4.5 HP como se muestra en la Tabla 30, calculada en función de las condiciones operativas del sistema. Este valor será utilizado como referencia para ingresar en la Tabla 31 de selección. Dicha tabla permitirá determinar el acople más adecuado, asegurando que cumpla con los requisitos de potencia y desempeño.

Tabla 31. selección de acople por potencia y rpm ("Falk Wrapflex Elastomeric Couplings," 2014)

Size	5R	10R	20R	30R	40R	50R	60R	70R	80R
Max Bore (in)	1.625	1.875	2.375	2.875	3.375	4.125	5.250	6.125	7.250
Max Speed	4500 RPM	4500 RPM	4500 RPM	4500 RPM	3600 RPM	3000 RPM	2500 RPM	2100 RPM	1800 RPM
Torque (lb-in)	550	1,150	2,800	4,600	9,100	22,200	35,500	70,900	133,000
HP/100 RPM	0.873	1.82	4.44	7.30	14.4	35.2	56.3	112	211
RPM	HP Ratings								
4500	39.3	82.1	200	328	—	—	—	—	—
3600	31.4	65.7	160	263	520	—	—	—	—
3000	26.2	54.7	133	219	433	1057	—	—	—
2500	21.8	45.6	111	182	361	881	1408	—	—
2100	18.3	38.3	93.3	153	303	740	1183	2362	—
1800	15.7	32.8	80.0	131	260	634	1014	2025	3798
1750	15.3	31.9	77.7	128	253	616	986	1969	3693
1450	12.7	26.5	64.4	106	209	511	817	1631	3060
1170	10.2	21.3	52.0	85.4	169	412	659	1316	2469
1000	8.73	18.2	44.4	73.0	144	352	563	1125	2110
870	7.59	15.9	38.7	63.5	126	306	490	979	1836

Con una velocidad de 1140 rpm, y mediante la interpolación de los datos en la tabla, se determina que el acople puede soportar hasta 9.94 HP = 7.41 kW a ese régimen de revoluciones. Dado que esta capacidad excede los 4.5 hp requeridos, considerando el factor de servicio, el acople seleccionado cumple con los requisitos de potencia. En este caso, se opta por el acople 5R como se muestra

en la Figura 191 de la serie Falk Wrapflex de acoplamientos elastoméricos, que ofrece el rendimiento necesario para la aplicación.

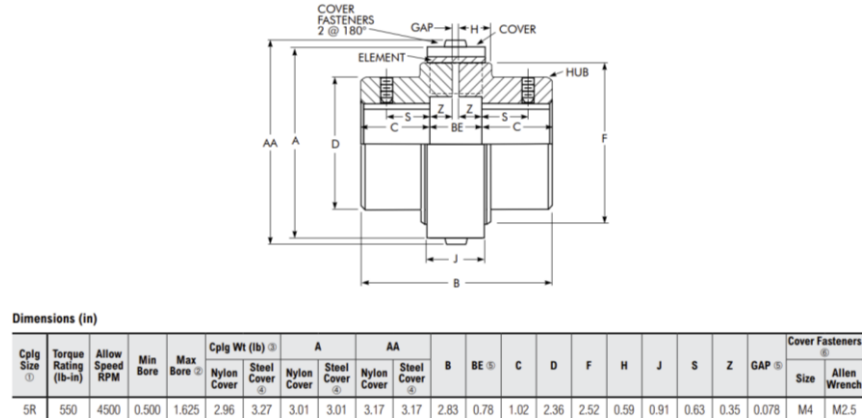


Figura 191. Dimensiones del acople (“Falk Wrapflex Elastomeric Couplings,” 2014)

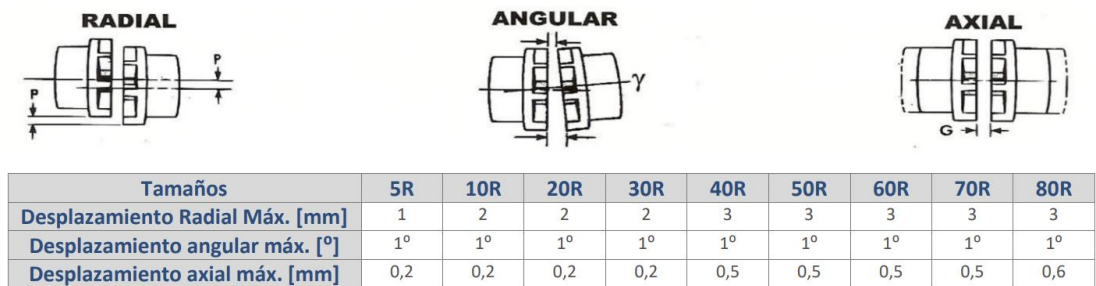


Figura 192. Desalineaciones permitidas (FALK WRAPFLEX TIPO R10. (2014).)

Tabla 32. Capacidad necesaria del acople y capacidad del acople 5R

Exigencias del acople motor-bomba	Capacidad del acople 5R
$T_{arr} = 18.76 N - m$	$T = 62.14 N - m$
$P_{motor} = 1.12 kW$	$P = 7.41 kW$
$L_{min} = 9.8 mm$	$L = 25.91 mm$

El acople 5R de la línea Falk Wrapflex cumple con los requisitos de potencia, torque y longitud de acoplamiento, por lo tanto, se selecciona para la aplicación. Además, este modelo proporciona amortiguamiento, lo que ayuda a reducir las vibraciones y las cargas transitorias. También ofrece una excelente tolerancia a

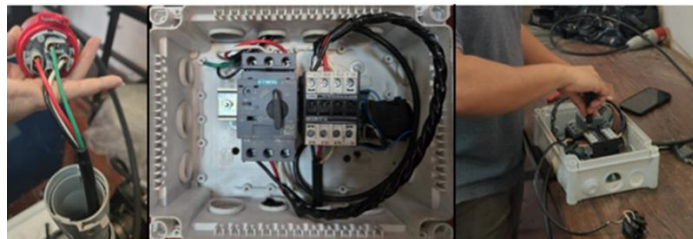
pequeños desalineamientos, lo que asegura un funcionamiento eficiente y prolonga la vida útil del sistema.

### **3.4. Puesta en marcha de componentes**

La verificación del correcto funcionamiento de los componentes que conforman el equipo de oleohidráulica es crucial para corroborar que no existan indicios que indiquen que el componente esté dañado o trabajando en condiciones anormales. A continuación, se desarrolla el análisis del desempeño de los principales componentes del equipo durante su operación en un circuito hidráulico.

#### **3.4.1. Motor eléctrico**

En la puesta en marcha del motor eléctrico se realizó la conexión de los cables de alimentación a las líneas de entrada de corriente del motor, adicional a esto se realizó montaje y conexión del sistema de protección de sobrecarga en donde se tiene el guardamotor, contactor y arrancador, todo esto montado en una caja rectangular para conexiones como se presenta en la Figura 193. Además, se realizó el cálculo de la potencia suministrada por el motor eléctrico con base al caudal y la presión que el sistema experimenta.



*Figura 193. conexión y montaje de protección*

Se coloca el motor en un lugar donde se tenga cerca una toma hembra de 4 pines, con voltaje 208/230 y que sea trifásico, adicional se debe de colocar en un lugar donde este pueda estar fijo y seguro para así poder iniciar la puesta en marcha (Figura 194).



*Figura 194. Condiciones para puesta en marcha*

Con lo anterior descrito se prosigue a energizar el motor eléctrico tomando en cuenta las medidas de seguridad y pasos detallados a continuación:

- a) Confirme que el motor esté conectado correctamente a la red eléctrica.
- b) Verifique visualmente que el interruptor del guardamotor esté en la posición ON y ajustado al mayor amperaje (6.3 A).
- c) Presione el botón verde del sistema de arranque y protección para encender el motor.

En este punto ya ha dado inicio la prueba de puesta en marcha acá se abordarán distintos comportamientos que se muestran en la Tabla 33 con todo y el resultado que se obtuvo. Para saber si el motor es capaz de levantar las presiones de trabajo requeridas se realiza un circuito hidráulico sencillo como se

describe en la puesta en marcha de la bomba para determinar el comportamiento de ambos equipos.

*Tabla 33. Resumen de observaciones en puesta en marcha*

<b>Descripción de comportamiento</b>	<b>Resultados</b>	<b>Acciones tomadas/Observaciones</b>
Arranque de motor	Arranque continuo	El motor trabaja con las condiciones requeridas.
Dirección de giro	Antihorario	Es el sentido requerido para el flujo de la bomba.
Vibraciones anormales	Un poco	Se niveló y se fijó a la tapa del tanque de aceite. Se eliminó vibración.
Ruidos anormales	Si, leve	Con la nivelación se corrigió el ruido y vibración anormal.
Temperatura de operación	101.10 °C	Temperatura elevada, sigue en el rango de temperatura de trabajo según fabricante.
Voltaje de operación	220 V	Dentro de los parámetros
Corriente a plena carga	5.5 A	El motor tiene capacidad de trabajo de (3.3/7 A)
Olores anormales	No	No se percibe olor en operación.
Presiones de trabajo	100-125 psi	Levanta las presiones a las cuales trabaja el equipo.

Después de realizar la puesta en marcha y corregir los comportamientos fuera de lo permitido para que el motor opere en condiciones óptimas se vuelve a realizar el procedimiento de la puesta en marcha para así dar seguridad de que el componente está trabajando con lo requerido, no obstante mencionar y recordar que el motor eléctrico trifásico con el cual estamos trabajando ha sido rebobinado por segunda vez, esto nos da indicador que los parámetros de trabajo no son exactos a los del fabricante pero si están dentro de los rangos permisibles que recomienda el fabricante que este opere.

### Potencia requerida del motor eléctrico

Para el caso de la bomba de desplazamiento positivo, la potencia transmitida al fluido se calcula a partir del caudal volumétrico  $Q$  y la presión  $P$ :

$$P_{bomba} = QP$$

Del apartado 3.4.2, que se presenta a continuación, se determina que el caudal generado por el sistema a la presión de trabajo ideal para las prácticas de laboratorio, 150 psi (1.03 MPa), es de 3.94 gpm  $\left(2.49 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}\right)$ . En estas condiciones, la potencia que la bomba suministra al fluido es la siguiente:

$$P_{bomba} = \left(2.49 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}\right) (1.034 \times 10^6 Pa) = 257.47 W \approx 0.35 HP$$

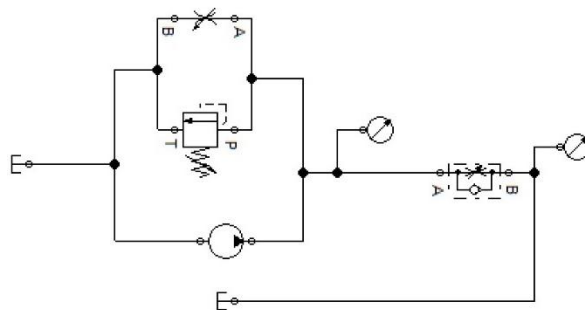
Teniendo en cuenta que hay un acople flexible tipo Jaw entre la bomba y el motor eléctrico la eficiencia mecánica es aproximadamente del 98% [41], por ende, La potencia que el motor debe suministrar a la bomba se obtiene de la siguiente manera:

$$P_{motor} = \frac{P_{bomba}}{\eta_{M-B}} = \frac{0.35}{0.98} \approx 0.36 HP$$

### 3.4.2. Bomba hidráulica

Durante la puesta en marcha del equipo de oleohidráulica, se analizó el comportamiento operativo de la bomba con el propósito de determinar su condición actual. Se construyó el circuito hidráulico de la Figura 195 para realizar una inspección de posibles ruidos anómalos, verificar el incremento de temperatura durante el funcionamiento y comprobar que la presión obtenida

corresponda al valor esperado. Además, al finalizar el recorrido del aceite hidráulico por el circuito, se desconectó la manguera de retorno al tanque con el objetivo de recolectar el aceite recirculado por la bomba. Esta operación facilitó la medición de los distintos tiempos que se tarda en recircular un litro de aceite con diferentes aperturas de la válvula reguladora de flujo para calcular el caudal que suministra la bomba con la válvula de alivio completamente abierta. Con esto, se realizó un análisis comparativo con respecto a los datos de la ficha técnica y con los diferentes caudales obtenidos en las diferentes aperturas de la válvula reguladora de flujo, determinando si el funcionamiento es óptimo.



*Figura 195. Circuito para realizar pruebas de caudal en la bomba hidráulica*

La bomba hidráulica presentó un comportamiento operativo satisfactorio ya que no existieron ruidos anómalos que puedan indicar que la bomba está trabajando de manera ineficiente, además, no presentó un incremento de temperatura significativa, bajones de presión ni caudal luego de haberla utilizado por más de una hora. Mediante la manipulación de la válvula de alivio, se aumentó la presión gradualmente hasta alcanzar a un valor aproximado de 450

psi. La bomba operó de la manera correcta, suministrando un flujo constante, mientras que el incremento de presión fue el resultado de la restricción generada en el circuito.

Después de realizar el análisis del comportamiento operativo de la bomba, se apagó el equipo y se desconectó la manguera de retorno al tanque para calcular el tiempo que la bomba se tarda para recircular 1 litro de aceite hidráulico. Se encendió el equipo y se recolectó un litro de aceite (Figura 196) para las aperturas siguientes de la válvula reguladora de flujo (100%, 80%, 60%). Además, se realizó la prueba quitando la válvula reguladora de flujo para obtener el caudal sin este componente.



*Figura 196. Recolección de aceite hidráulico para el cálculo de caudal suministrado*

*Para recircular 1 litro de aceite hidráulico sin la válvula reguladora de flujo con una presión de trabajo de 100 psi, se tardó 4.01 segundos aproximadamente. El caudal que generó la bomba es el siguiente:*

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{1 \text{ l}}{4.01 \text{ s}}$$

$$Q = 0.1988 \frac{l}{s} = \mathbf{3.95 \text{ gpm}}$$

Con la válvula reguladora de flujo agregada al circuito hidráulico, se realizaron tres pruebas de recolección de caudal. Primero, con una apertura de la válvula del 100% generando una presión de 150 psi, se obtiene que, para *recircular 1 l de aceite con la válvula reguladora de flujo abierta completamente, se tardó aproximadamente 4.02 s*. Por tanto, el caudal que generó la bomba es:

$$Q = 0.1984 \frac{l}{s} = \mathbf{3.94 \text{ gpm}}$$

Luego, con una apertura de la válvula del 80%, se obtiene que, para *recircular 1 l de caudal con la válvula reguladora de flujo abierta a un 80% generando 200 psi, se tardó aproximadamente 4.03 s aproximadamente*. Por tanto, el caudal que generó la bomba es:

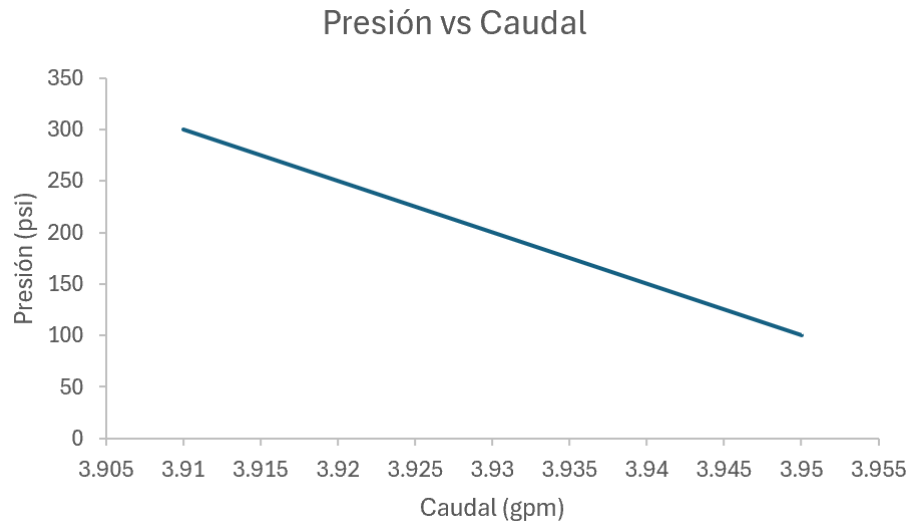
$$Q = 0.1972 \frac{l}{s} = \mathbf{3.93 \text{ gpm}}$$

con una apertura de la válvula del 60%, se obtiene que, para *recircular 1 l de caudal con la válvula reguladora de flujo abierta a un 60% generando una resistencia que eleva la presión hasta 300 psi, se tardó aproximadamente 4.05 s aproximadamente*. Por tanto, el caudal que generó la bomba es:

$$Q = 0.1961 \frac{l}{s} = \mathbf{3.91 \text{ gpm}}$$

Ahora, la eficiencia volumétrica es:

$$n_v = \frac{Q_{carga}}{Q_{sin}} = \frac{3.91}{3.95} \times 100 = \mathbf{98.98\%}$$



*Gráfico 2. Presión vs caudal de la bomba hidráulica*

El incremento de la presión mediante la estrangulación realizada por la válvula de control de flujo genera una ligera disminución del caudal (Gráfico 2), esto es provocado por el aumento de las pérdidas volumétricas internas. Este comportamiento es característico de las bombas de engranajes externos, confirmándose por medio de las pruebas realizadas, que se obtuvo una eficiencia volumétrica de 98.98%; este valor es considerado técnicamente aceptable ya que es respaldado en el documento técnico SAE 770782, el cual especifica que la eficiencia volumétrica mínima requerida para este tipo de bombas debe ser igual o superior al 95%. Por tanto, el desempeño observado confirma que la bomba opera dentro de los parámetros establecidos para su categoría.

### 3.4.1. Tanque de aceite hidráulico

La puesta en marcha del tanque de aceite hidráulico se realizó con el objetivo de verificar la ausencia de fugas durante su operación. Para ello, se llevó a cabo el trasiego del aceite al tanque nuevamente.



*Figura 197. Trasiego del aceite hidráulico hacia el tanque*

Luego, se instaló la tapadera junto con la bomba, el motor y su respectivo acople.



*Figura 198. Tanque de aceite con el motor, la bomba y el acople instalados*

Posteriormente, se completó la conexión de las mangueras y se procedió a encender el motor, permitiendo así la inspección del sistema en funcionamiento.



Figura 199. Puesta en marcha del equipo para verificar fugas en el tanque de aceite hidráulico

### 3.4.2. Válvulas de control de presión

Durante la puesta en marcha, se implementó el circuito mostrado en la Figura 200 para ambas válvulas del módulo de control de presión, obteniéndose resultados satisfactorios. Las nuevas válvulas demostraron ser fáciles de ajustar y cumplieron eficazmente con su propósito principal: regular la presión de manera precisa y segura.

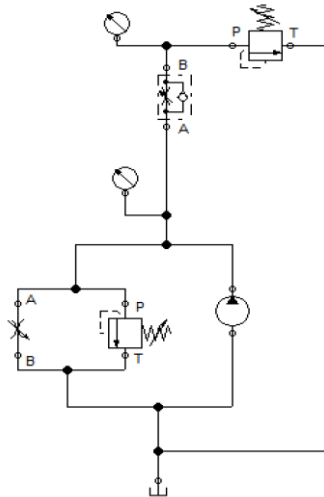


Figura 200. Circuitos de válvulas limitadoras de presión.

Las válvulas demostraron tener un tiempo de apertura casi inmediato y funcionar correctamente en todo su rango de operación, que va desde 50 psi hasta 300 psi como se observa en la Figura 201.



Figura 201. Presión de trabajo de las válvulas limitadoras de presión

Se observó que la válvula de alivio no controlaba la presión de manera adecuada. Para analizar el problema, se diseñó un circuito hidráulico conectado directamente al tanque ver Figura 202. Durante la puesta en marcha, al reducir el flujo con la válvula de caudal, se registraron presiones superiores a 400 psi en el sistema, a pesar de que el ajuste mínimo de la válvula de alivio estaba configurado en 250 psi. Esto indica que la válvula de alivio nunca se activó.

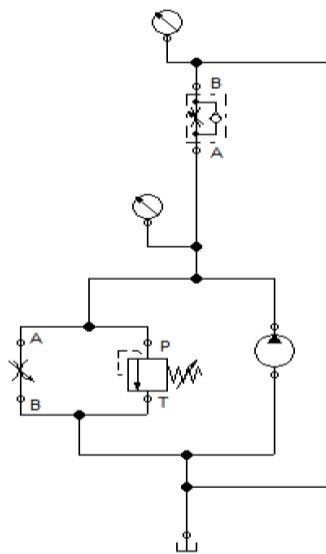


Figura 202. Circuitos con salida a tanque

Posteriormente, se diseñó un circuito con un actuador, específicamente un cilindro de doble efecto, y una electroválvula direccional 4/3 como se muestra en la Figura 203. En este esquema, el sistema entraría en bloqueo, y la única salida hacia el tanque estaría dada por la válvula de alivio. Para ello, se preparó la activación de la electroválvula, configurándola en tándem, junto con la válvula estranguladora, que funciona como bypass en la unidad de fuerza.

Como resultado, se registraron picos de presión entre 400 y 600 psi y, al igual que en los circuitos anteriores, la válvula de alivio nunca se activó. Por lo tanto, es necesario reemplazar la válvula RV2-10 para garantizar que el equipo opere en óptimas condiciones y sea seguro para los estudiantes.

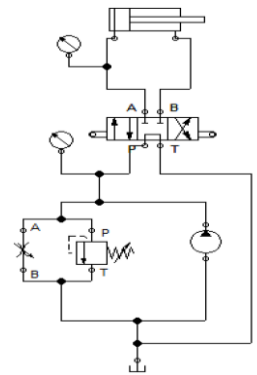


Figura 203. Circuito de bloqueo

Ahora se realizarán las mismas pruebas con una nueva válvula de alivio de las mismas características. Primero, con el circuito de salida al tanque, el sistema presenta una presión de trabajo de 120 psi. Al reducir el flujo al nivel más bajo de la válvula de flujo (nivel rojo), la presión oscila entre 120 y 130 psi debido a la apertura de la válvula de alivio.

Luego, con el circuito de bloqueo, al activar el pistón de doble efecto, la presión comienza a aumentar hasta 150 psi y luego oscila entre 120 y 150 psi ver Figura 204. Esta oscilación también indica la apertura de la válvula de alivio.

Por lo tanto, podemos concluir que la nueva válvula de alivio funciona correctamente en circuitos donde se restringe el paso del fluido, como en los circuitos de bloqueo, donde la única salida es la propia válvula de alivio.



Figura 204. Apertura de la nueva válvula de alivio en circuitos conectados al tanque y de bloqueo

### 3.4.3. Electroválvula

La puesta en marcha de la electroválvula 4/3 tuvo como objetivo verificar su correcto funcionamiento en un circuito hidráulico, asegurando que el dispositivo opere de manera eficiente y sin fugas. Para ello, se ensambló un circuito hidráulico compuesto por la electroválvula 4/3 con centro en tándem y un cilindro de doble efecto, permitiendo evaluar la capacidad de la válvula para direccionar el flujo de aceite de acuerdo con su configuración.

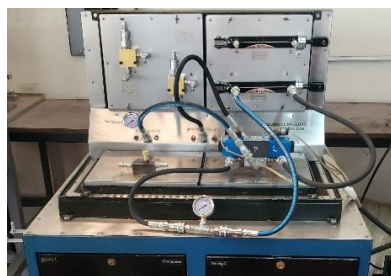
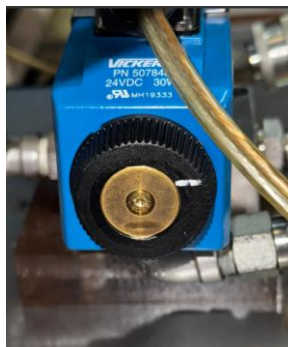


Figura 205. Circuito para puesta en marcha de la electroválvula

Durante la prueba, se accionó la electroválvula para comprobar la correcta extensión y retracción del cilindro. Se verificó que el cambio de posición del carrete interno permitiera el paso del fluido sin restricciones y que el cilindro ejecutara sus movimientos de manera sincronizada con la señal de control. Asimismo, se inspeccionaron las conexiones y el cuerpo de la electroválvula en busca de fugas de aceite, ya sea en los extremos o en los sellos internos del dispositivo.

Los resultados obtenidos durante la puesta en marcha permitieron confirmar que la electroválvula responde adecuadamente a los comandos de activación, lo que garantiza un control eficiente del cilindro. No obstante, se identificó una fuga constante de aceite hidráulico en uno de los extremos de la electroválvula, con una frecuencia aproximada de una gota cada cinco segundos. Este aspecto representa una condición importante que podría afectar el rendimiento y la confiabilidad del sistema a mediano plazo. Con el objetivo de corregir esta anomalía, se procedió al desmontaje del componente y a una limpieza interna utilizando un aceite mineral ligero con base de citronela, debido a sus propiedades disolventes.



*Figura 206. Fuga de aceite hidráulico en electroválvula*

El fluido se aplicó a través de los puertos de la válvula, permitiendo eliminar residuos que impedían el correcto sellado. Posteriormente, se limpió con aire comprimido, se lubricaron los componentes con aceite hidráulico limpio y se volvió a ensamblar.

Una vez reinstalada, se verificó el funcionamiento del sistema, confirmando que la fuga había sido eliminada y que la electroválvula operaba correctamente.



*Figura 207. Desarme y limpieza de componentes de la electroválvula*

#### **3.4.4. Fuente de corriente directa**

Se examinó la fuente de corriente directa, tanto sin carga como con carga. En el primer caso, se verificó que los interruptores permitieran el paso de corriente y, al mismo tiempo, fueran capaces de interrumpirla correctamente. Posteriormente, en las pruebas con carga, se diseñó un circuito oleohidráulico con pistones en paralelo, accionados por la electroválvula, con el objetivo de comprobar si la fuente suministraba la potencia necesaria para su funcionamiento.

En ambas pruebas, los resultados fueron exitosos, confirmando que la fuente de corriente opera correctamente como se muestra en la Figura 208.



*Figura 208. Puesta en marcha de la fuente CD*

### **3.4.5. Mangueras hidráulicas**

Luego de la rehabilitación de todas las mangueras hidráulicas, se procedió a poner en marcha el equipo con un circuito hidráulico para ejecutar pruebas de funcionalidad con el objetivo de evaluar el desempeño operativo. Estas pruebas permitieron analizar diversos parámetros indicativos de su correcto funcionamiento bajo condiciones de operación establecidas, verificando la integridad estructural, la estanqueidad de las conexiones y la respuesta del sistema ante la circulación del fluido hidráulico.

Durante la puesta en marcha, se manipuló la válvula de alivio, para aumentar la presión gradualmente hasta alcanzar a un valor aproximado de 450 psi. Se realizaron inspecciones visuales en las conexiones, en los acoples rápidos NPTF y a la longitud de las mangueras para identificar posibles fugas o deformaciones. Finalmente, se operó el equipo bajo condiciones normales, verificando la estabilidad de las mangueras y su capacidad para mantener la presión sin variaciones. Obteniendo un resultado satisfactorio ya que todas las mangueras trabajaron de manera correcta, segura y estable en todos los circuitos hidráulicos

realizados, ni presentaron fugas en sus conexiones roscadas con los acoples rápidos NPTF (Figura 209).



*Figura 209. Puesta en marcha de las mangueras hidráulicas*

#### **3.4.6. Manómetros**

Tras la instalación de los manómetros en el manifold de alimentación que está colocado en la estructura metálica y en el conector en T, se procedió a la puesta del equipo para analizar el comportamiento de los manómetros por medio de diferentes circuitos hidráulicos, realizando pruebas de funcionamiento y verificando el correcto funcionamiento.

Mediante la manipulación de la válvula de alivio, se aumentó la presión poco a poco hasta alcanzar a un valor aproximado de 450 psi. Con esto se observó que los manómetros presentaban lecturas esperadas ante cada aumento de presión por medio del cierre gradual de la válvula de alivio, confirmando que están trabajando de la manera correcta. Además, se aplicó presión controlada al sistema, confirmando su estabilidad y exactitud bajo condiciones normales de operación, obteniendo resultados satisfactorios (Figura 210).



*Figura 210. Puesta en marcha de los manómetros*

#### **4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA**

Tras la rehabilitación de los componentes que presentaron fallas en el apartado de diagnóstico y de las acciones correctivas realizadas después de la puesta en marcha de los componentes, es de suma importancia verificar el funcionamiento de cada componente; que estos operen dentro de los parámetros óptimos y que el sistema en conjunto funcione de manera segura y eficiente.

A continuación, se desarrollan una serie de pruebas para evaluar la funcionalidad de los componentes, trabajando con diferentes circuitos; simulando así diversos escenarios de exigencias en cada componente.

##### **A) Primera prueba de funcionamiento del equipo de oleohidráulica**

La prueba de funcionamiento comenzará con la evaluación de la unidad de poder para garantizar su rendimiento y seguridad. Durante este proceso, se analizará el desempeño de todos sus componentes en conjunto, prestando especial atención a parámetros clave como el sobrecalentamiento, la activación de protecciones, el desgaste en el acople, la presencia de fugas y el rendimiento

de la válvula de flujo. Además, se hará énfasis en la válvula de alivio, con el objetivo de garantizar la confiabilidad del sistema.

Para llevar a cabo esta prueba de funcionamiento, se realizará el siguiente circuito hidráulico.

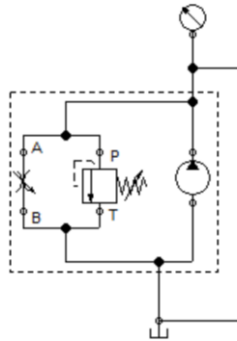


Figura 211. Diagrama hidráulico prueba 1

- **Componentes a utilizar**

- |                                    |                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| ✓ Unidad de poder                  | ✓ Tablero hidráulico                |
| ✓ Bomba de engranes externos       | ✓ Manómetro                         |
| ✓ Acople mecánico                  | ✓ Puerto de alimentación            |
| ✓ Sistema de arranque y protección | ✓ Manguera de interconexión         |
| ✓ Válvula de alivio                | ✓ Puerto de retorno a tanque        |
| ✓ Conexiones de presión de salida  | ✓ Depósito                          |
| ✓ Válvula de bola                  | ✓ Conexiones de retorno al depósito |
|                                    | ✓ Motor eléctrico                   |



*Figura 212. Circuito para prueba 1 funcionamiento de la unidad de poder*

- **Desarrollo de la prueba**

Después de realizar las conexiones, se enciende la unidad de poder con la válvula de bola abierta. Se asegura que la válvula de alivio esté en su ajuste mínimo, completamente abierta. Luego, se cierra la válvula de bola, enviando todo el flujo al tablero hidráulico, produciendo una presión de trabajo de 120 psi.

Se deja el equipo en funcionamiento durante 20 minutos para monitorear picos de corriente y evaluar el desempeño general del sistema. Además, se verifica el funcionamiento del guardamotor para determinar si se activa o no, y se inspeccionan cuidadosamente las mangueras y conexiones en busca de posibles fugas o anomalías.

Posteriormente, se desenergiza el equipo hidráulicamente abriendo la válvula de bola y, luego, se apaga correctamente presionando el botón rojo en la botonera. Al finalizar la prueba, se desmonta el acople para conocer su estado y verificar si presenta algún tipo de desgaste.

- **Resultados de la prueba**

El conjunto motor-bomba operó de manera excelente, sin generar ruidos extraños, manteniendo una corriente estable y una presión constante durante todo el ensayo. La válvula de alivio funcionó correctamente; se observó su apertura media y leves oscilaciones en el manómetro al cerrar la válvula de bola y durante la fase de estabilización del sistema, lo que confirmó su adecuado desempeño. El manómetro también funcionó de forma satisfactoria, amortiguando las oscilaciones gracias a la glicerina contenida en su interior. Todas las mangueras trabajaron sin inconvenientes, sin evidenciar fugas ni deformaciones visibles. Por su parte, el acople flexible tipo Jaw operó correctamente, sin presentar aflojamientos ni desgastes aparentes, asegurando una transmisión eficiente de la potencia desde el motor hacia la bomba.



*Figura 213. Indicadores del correcto funcionamiento de los componentes*

## **B) Segunda prueba de funcionamiento del equipo de oleohidráulica**

Esta prueba de funcionamiento consiste en la evaluación del desempeño de las válvulas limitadoras de presión y de la válvula reguladora de caudal de lectura rápida. En la válvula reguladora de caudal, se comprobará su efecto en el caudal en sus distintos niveles de ajuste, así como su estanqueidad cuando se cierre por completo. En cuanto a las válvulas limitadoras de presión, se evaluará su tiempo

de accionamiento, su ajuste, la presión a la que se abren y el impacto que tiene en ellas el cambio de flujo manipulado por la válvula de caudal.

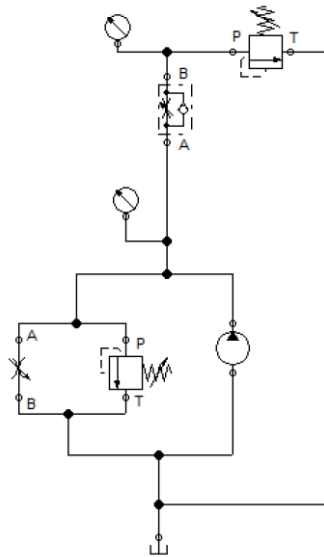


Figura 214. Diagrama hidráulico prueba 2

- **Componentes a utilizar**

- ✓ Unidad de poder
- ✓ Válvula reguladora de caudal
- ✓ Válvula limitadora de presión
- ✓ Tablero hidráulico
- ✓ Manómetro
- ✓ Mangueras de interconexión

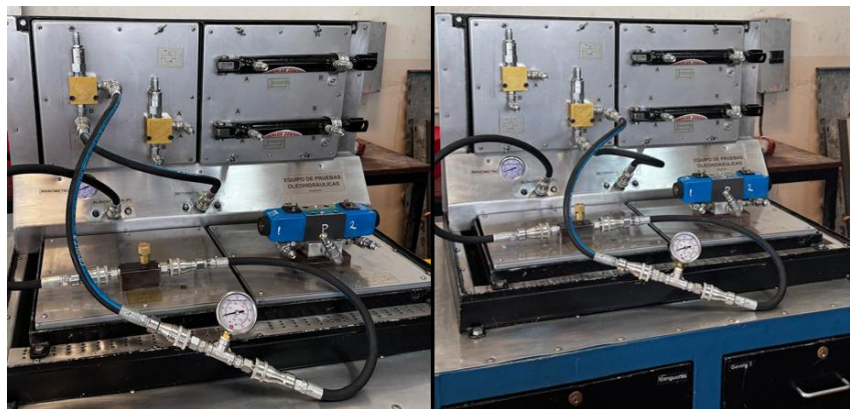


Figura 215. Circuito de la prueba 2 en para cada válvula limitadora de presión

- **Desarrollo de la prueba**

Se realiza el circuito hidráulico mencionado previamente ajustando la válvula limitadora de caudal al nivel rojo y la válvula limitadora de presión al mínimo, es decir, 50 psi, con el tornillo de ajuste completamente abierto. Luego se cierra la válvula de control de caudal para verificar su estanqueidad y hermeticidad.

Una vez realizado este ajuste inicial, se procederá a la toma de datos para evaluar el comportamiento del sistema. Para ello, se abre la válvula en cada uno de los niveles y se observa la presión existente entre la válvula de caudal y la válvula limitadora de presión. Posteriormente, se procede al ajuste de la válvula limitadora de presión siguiendo un procedimiento específico. Primero, se desenergiza hidráulicamente el sistema abriendo la válvula de bola ubicada en la unidad de poder, lo que permite enviar la mayor parte del flujo al tanque. Luego, se cierra la válvula de control de caudal para evitar que cualquier cantidad de flujo entre en la válvula limitadora de presión, permitiendo así realizar el ajuste de la válvula limitadora de presión sin presión en el sistema, de manera fácil y segura.

Cada giro de la válvula limitadora de presión aumenta la presión en 25 psi, por lo que se utiliza la geometría de la llave para contar el número de vueltas necesarias. Finalmente, se registran los valores en la tabla correspondiente para las presiones de 50, 75, 100 y 125 psi.

- **Resultados de la prueba**

*Tabla 34. Resultados de la prueba de válvulas de presión y caudal*

<b>Presión de Ajuste</b>	<b>Niveles</b>				
	<b>Rojo</b>	<b>Azul</b>	<b>Naranja</b>	<b>Verde</b>	<b>Plateado</b>
0 vueltas 50 psi	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
1 vueltas 75 psi	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>75</b>
2 vueltas 100 psi	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
3 vueltas 125 psi	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>125</b>	<b>125</b>	<b>125</b>

La válvula de control de flujo demostró ser hermética y estanca al estar completamente cerrada, además de permitir aumentar o disminuir el flujo del sistema según su ajuste. La válvula limitadora de presión mostró una respuesta eficaz, comenzando a abrirse ligeramente antes de alcanzar su presión de ajuste y abriéndose por completo al llegar a la presión deseada.

El análisis de la tabla evidencia el funcionamiento conjunto de varios componentes. Al ajustar la válvula de flujo al nivel rojo, la presión aumenta y parte del flujo se desvía a través de la válvula de alivio, lo cual se refleja en la oscilación del manómetro en el tablero hidráulico. En los niveles rojo y azul, la presión medida entre la válvula de flujo y la limitadora de presión no alcanza el ajuste de esta última; sin embargo, se observa que ya ha comenzado a activarse, liberando parte de la presión. Finalmente, al alcanzar el nivel naranja, tanto el flujo como la

presión son suficientes para que la válvula limitadora de presión se abra completamente.



Figura 216. Presiones de ajuste de las válvulas limitadoras de presión

### **C) Tercera prueba de funcionamiento del equipo de oleohidráulica**

Con el fin de darle seguimiento a los equipos monitoreados en la primer y segunda prueba de funcionamiento a esta prueba se adiciona la electroválvula 4/3 con centro en tándem, la fuente de poder y un cilindro hidráulico de doble efecto, a cada uno de los elementos mencionados se les va a observar el comportamiento en operación para asegurar que el equipo es capaz de trabajar con un circuito en donde se pueda controlar la extracción de contracción del vástago del cilindro, así como también se pondrá a prueba la capacidad de la bomba y el motor eléctrico para generar la presión de trabajo requerida al momento de agregar carga al circuito (se hace referencia a la extracción y retracción del cilindro). A continuación, se presenta el circuito a replicar para esta prueba (Figura 217).

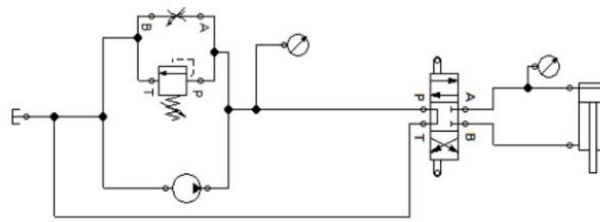


Figura 217. Diagrama hidráulico prueba 3

- **Componentes a utilizar**

- ✓ Cilindro hidráulico
- ✓ Electroválvula de control direccional 4/3 con tándem
- ✓ Unidad de poder
- ✓ Juego de mangueras con conexión rápida (5)
- ✓ Manómetro
- ✓ Fuente de corriente directa a 24 V



Figura 218. Circuito para prueba 3 funcionamiento electroválvula

- **Desarrollo de la prueba**

Después de construir el circuito prestando se conecta la fuente directa a la electroválvula 4/3 y se continúa encendiendo la unidad de poder. Se activa

electroválvula 4/3 con el interruptor 1 de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición ON, se moverá hacia A+ el vástago del cilindro de doble efecto, se libera la válvula regresando a la posición tándem con el mismo interruptor, ahora colocándolo en la posición OFF. Ahora con el interruptor 2 volvemos a hacer el mismo procedimiento que se realizó con el interruptor 1 pero ahora notamos que el vástago se ha retraído regresando a su posición inicial. Por último, se procede abriendo la válvula de bola se desenergiza el sistema para posteriormente apagar la unidad de poder.

- **Resultados de la prueba**

Se observa que el equipo trabaja estable durante la prueba, se observó un aumento en la presión cuando se incorpora carga al circuito que en este caso esta carga es responsabilidad del cilindro de doble efecto notando la retracción del vástago del cilindro ocurre en menos tiempo que la de extracción lo cual es de esperarse por el área en que el fluido debe de ocupar para generar el movimiento. También se verifico la activación y desactivación de la electroválvula cuando esta es accionada por los interruptores, al igual que la alimentación y descarga de los puertos de la electroválvula. Con esto sabemos que el equipo es capaz de generar un circuito que dará movimiento de un cilindro de doble efecto el que es controlado por la electroválvula 4/3 quien es la encargada de direccionar el flujo. No se detectan fugas ni perdidas de presión el desarrollo de la prueba.

#### **D) Cuarta prueba de funcionamiento del equipo de oleohidráulica**

Con esta prueba tomaremos control de la regulación de flujo, así veremos cómo se afecta la retracción y extracción del vástago cuando se limita el caudal que alimenta los puertos de entrada de flujo, esto se realizara por medio de una válvula reguladora de flujo la cual tiene regulación de 5 niveles cada uno con un incremento del 20%, siempre se hará uso de la electroválvula 4/3 para poder controlar el movimiento realizado por el cilindro de doble efecto.

A continuación, se presenta el circuito que se deberá construir para llevar a cabo esta prueba (Figura 219).

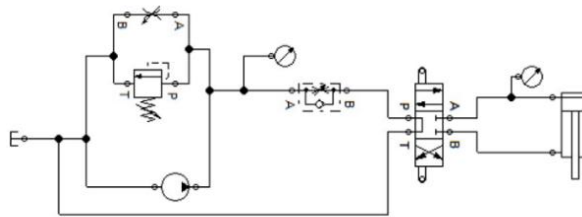


Figura 219. Diagrama hidráulico prueba 4

- **Componentes a utilizar**

- ✓ Cilindro hidráulico
- ✓ Electroválvula de control direccional 4/3 con tándem
- ✓ Unidad de poder
- ✓ 6 mangueras
- ✓ Manómetro conectado en T
- ✓ Fuente de corriente directa 24 V
- ✓ Válvula reguladora de caudal



*Figura 220. Circuito de prueba 4 construido*

- **Desarrollo de prueba**

El presente circuito simula un sistema, en el cual se moverá el pistón del cilindro de doble efecto, se conecta la fuente directa a la electroválvula 4/3 y se continúa encendiendo la unidad de poder. Se activa electroválvula 4/3 con el interruptor 1 de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición ON, se moverá hacia A+ el vástago del cilindro de doble efecto, se libera la válvula regresando a la posición tándem con el mismo interruptor, ahora colocándolo en la posición OFF. Ahora con el interruptor 2 volvemos a hacer el mismo procedimiento que se realizó con el interruptor 1 pero ahora notamos que el vástago se ha retraído regresando a su posición inicial. Al ser accionado este permite que el aceite fluya de forma presurizada y de esta manera el cilindro se mueva libremente variando el paso de flujo por medio de la válvula reguladora de caudal. Cuando la electroválvula es activada por la fuente de poder del dado derecho entonces el aceite fluye y hace que el pistón se extienda, al accionar la electroválvula del lado izquierdo el aceite fluye y hace que el cilindro se retraiga. Este procedimiento se realiza con cada nivel de regulación de cauda. Por último,

se procede abriendo la válvula de bola se desenergiza el sistema para posteriormente apagar la unidad de poder.

- **Resultados de la prueba**

Cada componente que intervino en la prueba cuatro se mantuvo estable y trabajando en los parámetros óptimos para el funcionamiento del equipo, en esta prueba se observa la variación de tiempo que se tiene cuando existe regulación de caudal primario como se muestra en la Tabla 35.

*Tabla 35. Resultados de la variación de tiempo por color en la válvula de flujo*

<b>Nivel Movimiento</b>	<b>Rojo</b>	<b>Azul</b>	<b>Naranja</b>	<b>Verde</b>	<b>Plata</b>
Extensión (A+)	<b>8.00 (s)</b>	<b>3.53 (s)</b>	<b>1.16 (s)</b>	<b>0.92 (s)</b>	<b>0.91 (s)</b>
Retracción (A-)	<b>6.10 (s)</b>	<b>2.50 (s)</b>	<b>1.24 (s)</b>	<b>0.93 (s)</b>	<b>0.88 (s)</b>

La afectación de restricción de caudal muestra una tendencia de retardo en extensión y retracción del vástago, pero al analizar los datos es un comportamiento que se espera cuando el equipo se encuentra trabajando en condiciones óptimas, y cada componente cumpliendo con su funcionamiento de lo contrario se obtendrían datos sin concordación con la limitación de caudal y los tiempos de trabajo.

### **E) Quinta prueba de funcionamiento del equipo de oleohidráulica**

La finalidad de la prueba de funcionamiento es construir, accionar y analizar el funcionamiento de un circuito hidráulico compuesto por dos cilindros de doble efecto conectados en paralelo, controlados mediante una electroválvula

direccional 4/3 con centro tándem. El circuito está diseñado para que, al accionar la electroválvula y permitir el paso del fluido hidráulico por el puerto A, ambos cilindros se desplacen de forma sincronizada en la dirección de extensión (A+), simulando así una operación de cierre o sujeción. De manera inversa, al accionar el puerto B, los cilindros realizarán el movimiento de retroceso (A-), retornando a su posición inicial.

Durante la prueba se evaluará la relación entre la presión ajustada mediante la válvula de control de presión y el comportamiento del sistema al accionar ambos cilindros en paralelo. Esto permitirá observar cómo la presión de trabajo influye en la fuerza de actuación de los cilindros y en la sincronización de los movimientos.

Para llevar a cabo esta prueba de funcionamiento, se realizará el siguiente circuito hidráulico.

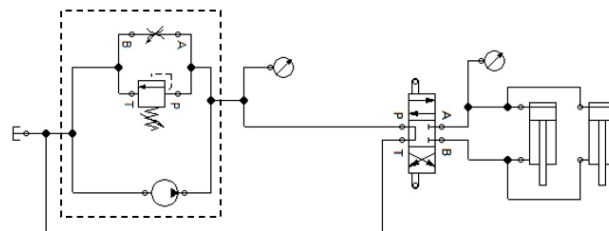
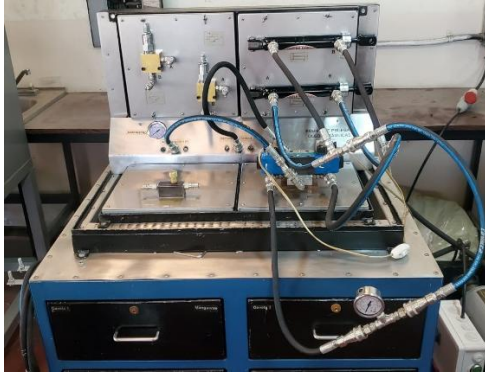


Figura 221. Diagrama hidráulico prueba 5

- **Componentes a utilizar**

- ✓ Módulo de actuadores
- ✓ Manómetro del conector en T
- ✓ Módulo de control direccional
- ✓ Fuente de corriente directa

- ✓ Unidad de poder
- ✓ 9 mangueras hidráulicas
- ✓ 2 conectores en T



*Figura 222. Construcción del circuito hidráulico de prueba 5*

- **Desarrollo de la prueba**

Se realiza el circuito hidráulico presentado anteriormente, corroborando la correcta construcción del circuito y colocando de manera correcta las conexiones en T. Se verifica que la válvula de alivio esté completamente abierta para posteriormente encender la unidad de poder, luego, se cierra la válvula de bola para energizar hidráulicamente el sistema.

Se inicia activando la electroválvula 4/3 con el interruptor 1 de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición ON. La línea que simula el alimentador mueve hacia A+ los dos vástagos de los cilindros de doble efecto. Se analiza y evalúa el comportamiento del sistema en la extracción de los vástagos. Se toman los datos que los manómetros presentan a la hora que los vástagos están extraídos corroborando que exista la misma presión en todo el circuito (**120 psi**). Posteriormente, se libera la electroválvula 4/3 con el mismo interruptor llevándolo

a la posición OFF. Se analiza y evalúa el comportamiento del sistema en la retracción de los vástagos activando la electroválvula 4/3 con el interruptor 2. Se realiza el mismo procedimiento de extracción y retracción de los vástagos para medir 4 veces el tiempo de extracción y retracción de los vástagos, obteniendo el promedio de estos tiempos.

Tabla 36. Tiempo promedio en la extracción y retracción de los vástagos

Posición	t1	t2	t3	t4	Promedio (s)
Extracción (A+)	2.30	2.11	2.15	2.10	<b>2.16</b>
Retracción (A-)	2.03	1.73	1.95	2.03	<b>1.94</b>

Con los vástagos extendidos se mide la carrera para obtener la distancia que estos recorren cuando se activan por medio de la electroválvula 4/3 (**0.1536 m**). Con estos datos se obtiene la velocidad de expansión y retracción.

Velocidad de extracción (m/s): **0.071**

Velocidad de retracción (m/s): **0.079**

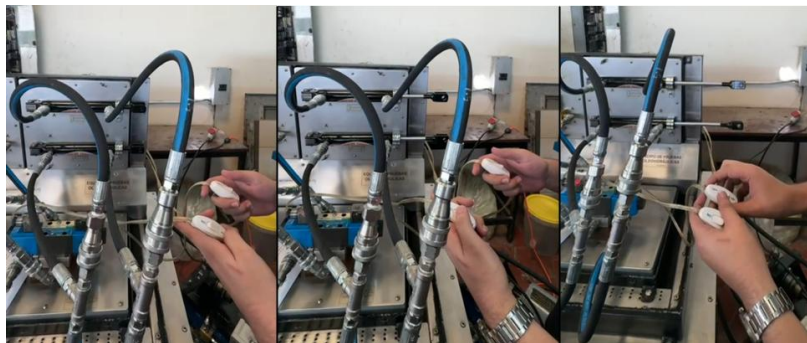


Figura 223. Extracción y retracción de los vástagos de los cilindros de doble efecto hidráulico

Luego de finalizar con la tabulación de mediciones de tiempo y carrera de los vástagos, se corrobora que los interruptores de la fuente de corriente directa estén en posición OFF, abriendo la válvula de bola se desenergiza el sistema para posteriormente apagar la unidad de poder.

- **Resultados de la prueba**

La prueba del circuito hidráulico en paralelo demostró un funcionamiento estable del equipo de oleohidráulica. La correcta construcción del circuito permitió una distribución uniforme del flujo hacia ambos cilindros de doble efecto, sin variaciones de presión, registrando 120 psi en todo el sistema.

La electroválvula 4/3 con centro en tándem operó de manera eficiente, dirigiendo el flujo en las fases de avance y retracción. En la extracción, ambos vástagos se desplazaron simultáneamente con un tiempo promedio de 2.16 s, mientras que la retracción se completó en 1.94 s. Con una carrera de 0.1536 m, se calcularon velocidades de 0.071 m/s en extracción y 0.079 m/s en retracción. La mayor velocidad en la retracción es normal y se debe a la diferencia de áreas efectivas en las cámaras del cilindro, lo que reduce el volumen de fluido necesario en esa fase. En general, la bomba suministró caudal constante, la electroválvula respondió correctamente y los cilindros se desplazaron de forma simultánea y uniforme, validando el correcto desempeño del sistema.

#### **F) Sexta prueba de funcionamiento del equipo de oleohidráulica**

El propósito de la siguiente prueba es verificar y analizar el comportamiento del equipo de oleohidráulica mediante la construcción y operación de un circuito hidráulico en el cual se conectan en serie dos cilindros de doble efecto controlados por una electroválvula 4/3. Esta configuración permite evaluar la secuencia de operación y el control de presión necesario para garantizar el funcionamiento adecuado de cada cilindro en el sistema.

El circuito está diseñado para que, con la activación del puerto A de la electroválvula, se extraiga el vástago del cilindro 1. Al alcanzar la presión de consigna determinada por la válvula limitadora de presión, se habilita la extensión del cilindro 2. Esta secuencia asegura que el cilindro 2 solo opere una vez que el cilindro 1 haya completado su recorrido. Finalizado el recorrido de los vástagos, la electroválvula pasa a su posición central, deteniendo momentáneamente el flujo para garantizar estabilidad en el sistema. Posteriormente, se presuriza el puerto B, iniciando la secuencia de retracción.

Esta prueba permitirá ajustar correctamente las válvulas limitadoras de presión, verificar la secuencia de accionamiento y comprender la función de la válvula antirretorno dentro del sistema, asegurando un control seguro y eficiente del flujo hidráulico durante las diferentes etapas de operación.

Para llevar a cabo esta prueba de funcionamiento, se realizará el siguiente circuito hidráulico.

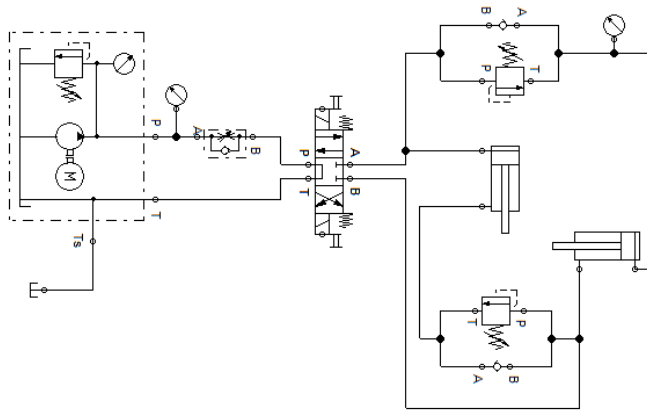


Figura 224. Diagrama hidráulico prueba 6

- **Componentes a utilizar**

- ✓ Módulo de actuadores
- ✓ Módulo de control direccional
- ✓ Módulo de control de flujo
- ✓ Módulo de control de presión
- ✓ Unidad de poder
- ✓ 16 mangueras hidráulicas
- ✓ 2 conectores en T
- ✓ Manómetro del conector en T
- ✓ Fuente de corriente directa
- ✓ Válvula check
- ✓ Válvulas limitadoras de presión



Figura 225. Construcción del circuito hidráulico de prueba 6

- **Desarrollo de la prueba**

Se realiza el circuito hidráulico presentado anteriormente, corroborando la correcta construcción del circuito. Se verifica que la válvula de alivio esté completamente abierta para posteriormente encender la unidad de poder, luego, se cierra la válvula de bola para energizar hidráulicamente el sistema.

Se inicia la prueba ajustando las válvulas limitadoras de presión en valores de 50 psi, 100 psi y 125 psi, para cada una de estas presiones se ajusta la válvula reguladora de caudal para los colores rojo, azul, naranja, verde y plateado, con el objetivo de determinar la configuración y/o configuraciones con la cual la secuencia se realiza de manera correcta. Además, se realiza la medición de los tiempos de extensión y retracción de los cilindros para distintas configuraciones de presión y caudal, así como se realiza la evaluación de las condiciones en la cual se cumple correctamente la secuencia de movimientos.

- **Resultados de la prueba**

En las siguientes tablas se muestran los resultados de la prueba, en donde se registraron los tiempos de extensión y retracción en segundos de los cilindros 1 y 2 para los distintos niveles de regulación de caudal con presiones del sistema de 50 psi, 100 psi y 125 psi. En los casos en donde las secuencia no se cumplió (extensión del cilindro 1 y luego del 2 posteriormente retracción del 2 y por último del 1) solo se registra una x en dichas celdas.

Tabla 37. Tiempos de extensión y retracción cilindro 1 (alimentador)

Ajuste en válvulas reguladoras de presión (psi)	Movimiento	Tiempo según regulación de caudal (s)				
		Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado
50 (0 vueltas)	Extensión	9.20	3.45	X	X	X
100 (2 vueltas)		4.55	2.76	X	X	X
125 (3 vueltas)		4.5	2.2	0.95	0.85	0.79
50 (0 vueltas)	Retracción	5.81	X	X	X	X
100 (2 vueltas)		4.25	X	X	X	X
125 (3 vueltas)		3.75	2.1	0.92	0.83	0.75

Tabla 38. Tiempos de extensión y retracción del cilindro 2 (estampador)

Ajuste en válvulas reguladoras de presión (psi)	Movimiento	Tiempo según regulación de caudal (s)				
		Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado
50 (0 vueltas)	Extensión	6.95	2.33	X	X	X
100 (2 vueltas)		4.93	2.11	X	X	X
125 (3 vueltas)		3.5	2	0.92	0.87	0.85
50 (0 vueltas)	Retracción	6.8	X	X	X	X

<b>100 (2 vueltas)</b>		4.08	X	X	X	X
<b>125 (3 vueltas)</b>		3.2	1.95	0.91	0.85	0.82

En base a los resultados se determinó que la secuencia de extensión y retracción de los cilindros se cumple correctamente para todos los niveles de regulación de caudal cuando la presión de ajuste en las válvulas limitadoras de presión es de 125 psi. Además, se evidenció que los cilindros tienen mayor velocidad de retracción en comparación con la extensión, como se analizaba en pruebas de funcionamiento anteriores.

## **5. COSTOS DE REHABILITACIÓN DEL EQUIPO DE OLEHIDRÁULICA**

Para el proceso de rehabilitación del equipo de oleohidráulica se utilizaron diferentes componentes y productos que fueron adquiridos mayormente en el mercado nacional, sin embargo, componentes como las válvulas de cartucho de alivio fueron adquiridos en el mercado internacional, específicamente en Estados Unidos.

Durante el proceso de diagnóstico y reparación, se llevaron a cabo compras de componentes necesarios para una óptima puesta en marcha del equipo de oleohidráulica. Las compras realizadas se dividen en tres grupos, los cuales son:

- ✓ Componentes esenciales para la rehabilitación del equipo de oleohidráulica: son los componentes indispensables para el funcionamiento general del equipo, sin estos, el equipo no puede ponerse

en marcha o funcionará de manera ineficiente, limitando todo su potencial y uso. Algunos de estos componentes son: válvulas de cartucho, acople y manufactura de este, curso de bobinado de motor eléctrico, guardamotor y contactor, entre otros.

- ✓ Elementos auxiliares para la rehabilitación del equipo de oleohidráulica: son los elementos de sujeción para adaptar cualquier elemento que necesite colocarse en la estructura metálica o en la unidad de poder. Estos son: pernos, tuercas, arandelas y escuadras de refuerzo para colocar la caja del guardamotor y contactor, además para colocar las mangueras a un costado de la estructura metálica.
- ✓ Insumos utilizados para la rehabilitación del equipo de oleohidráulica: estos consisten en productos utilizados para diversas actividades de restauración del equipo, especialmente para limpieza, prueba de acidez del aceite hidráulico, pintura del tanque de aceite, entre otros. Algunos productos utilizados son: lubricante WD-40, kit de prueba de acidez, cinta teflón, brocas, anticorrosivos brillantes.

Las siguientes tablas describen los costos agrupados como se explicó anteriormente, en donde se detalla la cantidad, precio unitario y precio total.

Tabla 39. Costos de componentes esenciales

COMPONENTES ESENCIALES PARA LA REHABILITACIÓN DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA				
Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio total	Observación
1	Valvula de cartucho RV2-10-S0S35/30 (250-3500)psi	\$74.49 USD	\$74.49 USD	Comprado
2	Valvula de cartucho de alivio RV3-10 (50-300)psi	\$51.82 USD	\$103.64 USD	Comprado
1	Acople mecanico 5R10 FALK	\$105.00 USD	\$105.00 USD	Comprado
1	Torneado para acople del motor	\$50.00 USD	\$50.00 USD	Comprado
1	Fresado para acople de la bomba	\$50.00 USD	\$50.00 USD	Comprado
6	Manometro 1/4" 1000 psi, 2" careta	\$13.95 USD	\$83.70 USD	Comprado
2	Interruptores de fuente DC 24V	\$1.25 USD	\$2.50 USD	Comprado
1	Manguera hidraulica 1/4"-60 cm	\$26.22 USD	\$26.22 USD	Comprado
3	Acople rápido macho NPT 1/4" Gates	\$19.39 USD	\$58.16 USD	Comprado
2	Acople rápido hembra NPT 1/4" Gates	\$43.03 USD	\$86.06 USD	Comprado
1	TEE acero inox 1/4"	\$1.60 USD	\$1.60 USD	Comprado
3	Niple hexagonal NPT 1/4"	\$2.71 USD	\$8.14 USD	Comprado
1	Riel din para bornes y automatoms 1m	\$3.95 USD	\$3.95 USD	Comprado
3	Cerradura para gaveta 0501 BIRD	\$2.75 USD	\$8.25 USD	Comprado
1	Contactador 22 A	\$80.00 USD	\$80.00 USD	Comprado
1	Guardamotor Siemens 4.5 a 6 A	\$79.95 USD	\$79.95 USD	Comprado
1	Pulsador doble On/Off Siemens	\$15.50 USD	\$15.50 USD	Comprado
4	Cable electrico Vulcam 4x12	\$3.50 USD	\$14.00 USD	Comprado
1	Cable conexión a tierra tierra 1 m	\$7.00 USD	\$7.00 USD	Comprado
1	Toma para extension macho 3P+1T 32A 415 V	\$6.95 USD	\$6.95 USD	Comprado
1	Caja plastica 5.7 L	\$5.95 USD	\$5.95 USD	Comprado
1	Caja conexiones intemperie Plexo	\$14.95 USD	\$14.95 USD	Comprado
1	Galón de fluido hidráulico Mobil Nuto H32	\$27.50 USD	\$27.50 USD	Comprado
1	Asesoría técnica y materiales para reparación de motor electrico	\$350.00 USD	\$350.00 USD	Comprado
<b>Total</b>		<b>\$1,037.46 USD</b>	<b>\$1,263.51 USD</b>	<i>Total gastado</i>

Tabla 40. Costos de elementos auxiliares

ELEMENTOS AUXILIARES PARA LA REHABILITACIÓN DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA				
Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio total	Observación
4	Perno c/h galv. 5/16" - 1 1/2"	\$0.18 USD	\$0.72 USD	Comprado
4	Tuerca hexagonal De seguridad 5/16"	\$0.15 USD	\$0.60 USD	Comprado
1	Tuerca hexagonal rosca ordinaria 5 mm Zinc	\$0.05 USD	\$0.05 USD	Comprado
2	Tuerca hexagonal rosca ordinaria 7/16" Zinc	\$0.08 USD	\$0.16 USD	Comprado
5	Tuerca hexagonal negra rosca ordinaria G8 5/16"	\$0.08 USD	\$0.40 USD	Comprado
5	Arandela plana de hierro 1/4"	\$0.04 USD	\$0.20 USD	Comprado
1	Toma adaptador polo tierra	\$0.62 USD	\$0.62 USD	Comprado
6	Arandelas planas zincada 3/16"	\$0.02 USD	\$0.12 USD	Comprado
6	Pernos estufa cabeza plana 3/16"	\$0.06 USD	\$0.36 USD	Comprado
4	Pernos galvanizados 5/16"	\$0.17 USD	\$0.68 USD	Comprado
4	Tuerca hexagonal 1/4"	\$0.04 USD	\$0.16 USD	Comprado
4	Arandelas plana galvanizada 1/4"	\$0.03 USD	\$0.12 USD	Comprado
1	Sello de polietileno blanco 2 m	\$12.00 USD	\$12.00 USD	Comprado
1	Caja de escuadras de refuerzo (L)	\$4.95 USD	\$4.95 USD	Comprado
1	Extension electrica 50 ft TSJ 6-3	\$19.00 USD	\$19.00 USD	Comprado
6	Cinchas de plastico	\$0.04 USD	\$0.26 USD	Comprado
6	Tornillos para estructura metálica	\$0.05 USD	\$0.30 USD	Comprado
<b>Total</b>		<b>\$1,669.07 USD</b>	<b>\$40.70 USD</b>	<i>Total gastado</i>

Tabla 41. Costos de insumos utilizados

INSUMOS UTILIZADOS PARA LA REHABILITACIÓN DEL EQUIPO DE OLEOHIDRAULICA				
Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio total	Observación
2	Añelina color amarillo	\$1.50 USD	\$3.00 USD	Comprado
2	Bolsa wipes	\$0.80 USD	\$1.60 USD	Comprado
1	Lubricante WD-40	\$3.95 USD	\$3.95 USD	Comprado
1	Kit prueba de acidez	\$8.01 USD	\$8.01 USD	Comprado
1	Deposito para prueba de acidez	\$0.60 USD	\$0.60 USD	Comprado
1	Cinta aislante	\$1.95 USD	\$1.95 USD	Comprado
2	Sellador silicon de alta temperatura nego 200 °C	\$4.10 USD	\$8.20 USD	Comprado
1	Anticorrosivo brillante azul industrial (1/4)	\$6.95 USD	\$6.95 USD	Comprado
1	Anticorrosivo brillante negro industrial (1/4)	\$6.95 USD	\$6.95 USD	Comprado
3	Cinta teflon para sellante de roscas	\$0.50 USD	\$1.50 USD	Comprado
1	Broca de acero HSS 5/16"	\$4.30 USD	\$4.30 USD	Comprado
1	Broca de acero rapido titanio 5/16"	\$5.30 USD	\$5.30 USD	Comprado
1	Broca para hierro 5/16"	\$1.50 USD	\$1.50 USD	Comprado
1	Broca de acero rapido titanio 5/16"	\$6.25 USD	\$6.25 USD	Comprado
1	Cinta doble cara 1 yarda	\$2.50 USD	\$2.50 USD	Comprado
1	Pegamento epoxico waterweld grado alimenticio	\$6.95 USD	\$6.95 USD	Comprado
1	Bote de aceite citronella	\$14.95 USD	\$14.95 USD	Comprado
1	Thinner premium	\$1.95 USD	\$1.95 USD	Comprado
1	Lijas 220 para hierro	\$1.00 USD	\$1.00 USD	Comprado
1	Brocha de espuma 2"	\$0.55 USD	\$0.55 USD	Comprado
1	Bandeja con rodillo 4" onsite	\$3.65 USD	\$3.65 USD	Comprado
1	Disco para acero inoxidable 3M	\$2.30 USD	\$2.30 USD	Comprado
1	Embudo	\$2.00 USD	\$2.00 USD	Comprado
1	Manta de algodón para colado	\$1.60 USD	\$1.60 USD	Comprado
1	Recipiente plastico con tapadera de 18 gal	\$3.50 USD	\$3.50 USD	Comprado
<b>Total</b>		<b>\$93.61 USD</b>	<b>\$101.01 USD</b>	<i>Total gastado</i>

Por último, se presenta una tabla donde se realiza la sumatoria del costo final de la rehabilitación del equipo de oleohidráulica:

Tabla 42. Costo total de rehabilitación del equipo de oleohidráulica

COSTO DE REHABILITACIÓN DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA	
División de gastos	Precio Total
Componentes esenciales para la rehabilitación del EO	\$1,263.51 USD
Elementos auxiliares para la rehabilitación del EO	\$40.70 USD
Insumos utilizados para la rehabilitación del EO	\$101.01 USD
<b>Costo final</b>	<b>\$1,405.22 USD</b>

## 6. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO

El siguiente capítulo presenta una propuesta de mantenimiento para el equipo de oleohidráulica, fundamentada en la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC). Para ello, se ha desarrollado un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) el cual se presenta en el Anexo 2, donde se identifican

las posibles fallas en los principales componentes del equipo y sus consecuencias en el sistema. A partir de este análisis, se ha elaborado un formato de mantenimiento que detalla las actividades específicas a realizar en cada componente, estableciendo la frecuencia adecuada para garantizar su óptimo funcionamiento y minimizar el riesgo de fallos. Esta propuesta busca mejorar la confiabilidad del equipo mediante un mantenimiento estructurado y preventivo, asegurando su disponibilidad y prolongando su vida útil.

## PLAN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA

<b>LUGAR:</b>	<b>TALLER EIM</b>
<b>AÑO:</b>	<b>2025</b>
<b>EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA</b>	

<b>FRECUENCIA</b>	1 MES	
	2 MESES	
	3 MESES	

4 MESES	
5 MESES	
6 MESES	

7 MESES	
8 MESES	
9 MESES	

10 MESES	
11 MESES	
12 MESES	

FECHA DE MANTENIMIENTO: \_\_\_\_\_

SISTEMA	COMPONENTE	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	MESES DE MANTENIMIENTO													
			M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	2
<b>UNIDAD DE PODER</b>	<b>BOMBA HIDRÁULICA</b>	Limpieza general del componente														
		Inspección por fugas, desgaste, corrosión o daños en sellos, conexiones y juntas														
		Inspección de estado de las conexiones hidráulicas, mangueras y acoples														
		Inspección de alineación del eje														
		Desmontaje, limpieza e inspección del estado de los engranajes y carcasa interna														









	<b>ELECTROVÁLVULA 4/3</b>	Inspección visual de la electroválvula en búsqueda de fugas o acumulación de suciedad																			
		Inspección y limpieza del carrete y solenoide																			
		Medición de la resistencia de la bobina																			
		Revisión de los sellos y empaques																			
	<b>PLACA DE CONEXIÓN</b>	Limpieza general del componente																			
		Inspección de estado de los canales de flujo																			
		Inspección por grietas, rayones profundos o deformaciones																			
		Inspección por fugas, desgastes o deformaciones en conexiones roscadas																			
		Revisión de superficie de contacto y área de montaje																			
		Inspección por fugas en los puntos de conexión durante la puesta en marcha																			
<b>ACCESORIOS HIDRÁULICOS</b>	<b>MANGUERAS HIDRÁULICAS</b>	Inspección visual de las mangueras para detectar grietas, desgaste, fugas o abrasión en la cubierta externa																			
		Limpieza interna de las mangueras utilizando fluido hidráulico limpio o aire comprimido																			





## CONCLUSIONES

1. El equipo oleohidráulico ha sido completamente reparado y optimizado, siguiendo un proceso riguroso de diagnóstico y pruebas. Además, se han establecido mejoras en las prácticas de laboratorio, proporcionando indicaciones precisas para su correcta utilización y asegurando su operatividad en óptimas condiciones.
2. Se logró realizar un diagnóstico detallado del equipo de oleohidráulica mediante inspecciones visuales, medición de parámetros de funcionamiento y pruebas en marcha. Este proceso permitió identificar con precisión las deficiencias estructurales, hidráulicas y eléctricas presentes en el equipo, estableciendo una base sólida para planificar de manera técnica y fundamentada las actividades de reparación necesarias para restablecer su operatividad.
3. Se realizó la reparación de los componentes identificados en la etapa del diagnóstico como dañados o deteriorados. Entre las principales actividades realizadas se destacan: el sellado de fugas en el tanque de aceite hidráulico, la rehabilitación de la estructura metálica y la restauración del motor eléctrico.
4. Se llevó a cabo la reparación del motor eléctrico, fue sometido a pruebas de resistencia de aislamiento, verificación de conexiones y alineación mecánica para dar un diagnóstico de condiciones fiable. Se realizó limpieza interna, cambio de rodamientos y rebobinado, acciones

requeridas para la rehabilitación. Como resultado, se garantizó su funcionamiento confiable y seguro. Además, se implementó un sistema de arranque y protección que optimiza su funcionamiento y seguridad operativa.

5. Se realizó satisfactoriamente el acoplamiento entre el motor y la bomba, utilizando un acople tipo Jaw, el cual permite ciertos grados de desalineamiento y proporciona amortiguación frente a vibraciones y pares negativos, logrando así un acoplamiento flexible y confiable.
6. Se presentó y documentó los costos de la rehabilitación y mantenimiento del equipo, con el propósito de proporcionar una referencia económica que permita en futuras intervenciones prever y gestionar con mayor precisión las inversiones necesarias para la conservación del equipo.

## RECOMENDACIONES

1. Capacitar a los estudiantes en el uso adecuado de herramientas para el montaje y desmontaje del equipo de oleohidráulica, para evitar daños. Además, instruirlos en el uso correcto de los equipos de protección personal.
2. Evitar manipular el equipo sin la supervisión del instructor, especialmente en lo relacionado con el encendido y apagado del equipo, para prevenir accidentes.
3. Seguir las indicaciones consignadas en las guías de laboratorio durante la ejecución de prácticas académicas, con el fin de evitar procedimientos incorrectos que puedan comprometer la integridad de los componentes del sistema oleohidráulico y de las personas en su entorno.
4. Gestionar un mínimo de insumos, como cinta teflón, paños de limpieza y pruebas de acidez, para garantizar la operatividad continua del equipo. Se recomienda utilizar la lista mostrada en la Tabla 70 del apartado de Anexos, donde se indican los insumos que se recomienda gestionar anualmente.
5. Mantener en buen estado el etiquetado de los componentes del sistema hidráulico y eléctrico, a fin de facilitar su montaje, desmontaje y almacenamiento.
6. En los períodos prolongados de inactividad, almacenar el equipo en un lugar limpio y ventilado, con una cubierta protectora que evite la acumulación de polvo.

7. Documentar cualquier reparación o modificación realizada al equipo, para mantener un historial técnico actualizado que facilite su mantenimiento a largo plazo.
8. Dar seguimiento y cumplimiento al plan de mantenimiento propuesto en el Capítulo 6, para asegurar el funcionamiento continuo y seguro del equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Netto, A., & Fernández, M. F. Y. (s. f.). Manual de hidráulica. Editora Blucher.
- [2] Roca Ravell, F. (1997). OLEOHIDRAULICA BASICA: DISEÑO DE CIRCUITOS (1º Edición).
- [3] Sarmiento, C. (2016). Diseño y construcción de equipo para realizar prácticas de oleohidráulica (Trabajo de graduación). Universidad de El Salvador.
- [4] Hydraulics, M. (2024, 8 mayo). Directional control valve center options. Magister Hydraulics. <https://www.magisterhyd.com/faq/directional-control-valve-center-options/>
- [5] Jorge Román. (2021, 1 marzo). Como COMPROBAR una ELECTROVÁLVULA [Vídeo]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=vkLoBfkcm\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=vkLoBfkcm_U)
- [6] Desalineación del eje y su contribución a fallas mecánicas. (2023, 13 noviembre). <https://dynamox.net/es/blog/desalineacion-del-eje-y-su-contribucion-a-fallas-mecanicas>
- [7] Velazquez, J. G. L. (2018, 8 marzo). Pruebas Eléctricas Recomendadas para Máquinas Rotativas (Pruebas Estáticas). <https://es.linkedin.com/pulse/pruebas-el%C3%A9ctricas-recomendadas-para-m%C3%A1quinas-lopez-velazquez>
- [8] McGraw Hill España. (s. f.). <https://www.mheducation.es/>

- [9] Hanson Inc. (s. f.). 26005-RZE | Danfoss PowerSource.  
<https://www.eatonpowersource.com/products/configure/pumps/details/26005-rze/>
- [10] MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA - PDF Free download. (s. f.).  
<https://docplayer.es/52599376-Motores-de-corriente-alterna.html>
- [11] Roydisa. (2019, 10 abril). Placa de identificación de motores eléctricos. Roydisa. <https://www.roydisa.es/archivos/2809>
- [12] Mecantech. (s. f.). Area mecánica.  
<https://areamecanica.wordpress.com/>
- [13] Engineering Essentials: Pressure-Control Valves. (2012c, enero 1). Power & Motion. Recuperado de <https://www.powermotiontech.com/hydraulics/hydraulic-valves/article/21884995/engineering-essentials-pressure-control-valves>
- [14] Solorzano, R. (2017, 1 julio). Principios ingenieriles básicos: válvulas de control de flujo. Power & Motion. Recuperado de <https://www.powermotiontech.com/hydraulics/hydraulic-valves/article/21887396/principios-ingenieriles-basicos-valvulas-de-control-de-flujo>
- [15] Romero.Carlos. (s. f.-c). Válvulas de bloqueo y válvulas de caudal oleohidráulicas. Recuperado de <https://proyeccionmecatronica.blogspot.com/2015/04/oleohidraulica.html>

- [16] Qué es una Válvula Check. (s. f.). Recuperado de <https://quima.com/blogs/blog/que-es-una-valvula-check>
- [17] Moreno, E. (2014). Diseño y construcción de una fuente de alimentación lineal 22v/1a dentro del marco normativo de la unión europea (Trabajo de graduación).
- [18] Jomsmx. (2024, 27 febrero). Tipos de Aceites Hidráulicos: Guía Completa para la Industria - Blog Industrial. Recuperado de <https://www.jomsmx.com.mx/blog-industrial/tipos-de-aceites-hidraulicos/>
- [19] AD03SPS4P - Daman Products. (s. f.). Daman Products. <https://products.daman.com/products/ad03sps4p?variant=30195323043974>
- [20] Motor para Ventiladores,1-1/2 HP,1140rpm. (s. f.). <https://www.grainger.com.mx/producto/MARATHON-MOTORS-Motor-para-Ventiladores,1-1-2-HP,1140rpm/p/39P326>
- [21] Pressure control Direct and pilot operated pressure control valves for applications up to 350 bar (5000 psi) and 300 L/min (80 USgpm). (2018, enero). Recuperado 7 de abril de 2024, de [https://www.hydraulic-supply.com/media/akeneo\\_connector/asset\\_files/7/b/7bea1430efae5341ddb9b6d94cc2045b\\_7a2a.pdf](https://www.hydraulic-supply.com/media/akeneo_connector/asset_files/7/b/7bea1430efae5341ddb9b6d94cc2045b_7a2a.pdf)
- [22] EC20S | Deltrol Fluid Products. (s. f.). Recuperado de <https://deltrolfluid.com/products/in-line-valves/check/check-direct-acting/ec20s>

- [23] VELASCO STORE. (s. f.). FUENTE DE PODER CONMUTADA 24V 5A. Recuperado de <https://velascostore.com/fuentes-de-poder/5678-fuente-de-poder-conmutada-24v-5a.html>
- [24] Michael. (2023b, marzo 10). How many types of hydraulic hose are there? Hydraulic Hose, Industrial Hose - Spiral and Braided, Low to Super High Pressure. <https://kingdaflex.com/es/types-of-hydraulic-hose/>
- [25] SUS-068-N16-140-125-A-O | STAUFF. (s. f.). <https://stauff.com/en/products/1910001907>
- [26] Organización internacional de norma. (2022). Energía hidráulica: válvulas que controlan el caudal y la presión: métodos de prueba (ISO 6403:1988). ISO
- [27] Comisión eléctrica internacional. (2016). Fuentes de alimentación conmutadas de baja tensión. Parte 7: Requisitos de seguridad (IEC 61204-7:2016). IEC
- [28] The Mission of SAE International is to advance mobility knowledge and solutions. (2024, 2 julio). <https://www.sae.org/>
- [29] REM-B HYDRAULICS. (2023, 26 septiembre). Componentes hidráulicas Eaton Vickers | REM-B HYDRAULICS. <https://www.rem-b.com/es/eaton-vickers-4/>
- [30] 1x6x0.5 Double acting Hydraulic cylinder | Double acting Hydraulic cylinders | Hydraulic Cylinders | Hydraulics | [www.surpluscenter.com](http://www.surpluscenter.com). (s. f.). <https://www.surpluscenter.com/Hydraulics/Hydraulic->

Cylinders/Double-Acting-Hydraulic-Cylinders/1x6x0-5-Double-Acting-Hydraulic-Cylinder-9-1649-06.axd

- [31] Sistemas, A. Y. (s. f.). Válvula de 4 vías de centro Tándem | Aceros y Sistemas Hidráulicos de México S. A. de c. V. <https://www.ashm.mx/blog/valvula-de-4-vias-de-centro-tandem/>
- [32] Lufilsur. (2023, 21 junio). Tareas preventivas para el mantenimiento del sistema hidráulico. <https://www.lufilsur.es/mantenimiento-del-sistema-hidraulico/?srsltid=AfmBOop9Y-ccyHxgbMHRw5fPGNsi15apqvP7DJDuoDjdzFV11FxOSI1i>
- [33] Interempresas. (2014). Filtros: por un buen mantenimiento industrial. <https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/119842-Filtros-por-un-buen-mantenimiento-industrial.html>
- [34] Motores y Vehículos Donaldson. (2018, 21 febrero). ¿Cómo puede minimizar la contaminación del sistema hidráulico? <https://www.donaldson.com/es-mx/engine/filters/technical-articles/minimize-hydraulic-system-contamination/>
- [35] Ferretería Vidri El Salvador. (2024, 20 septiembre). [https://www.vidri.com.sv/?srsltid=AfmBOooLU5dGYwe5VHwXG\\_ofVANQeVBH7QSvlrgxEryePP6q6O1Qgz1D](https://www.vidri.com.sv/?srsltid=AfmBOooLU5dGYwe5VHwXG_ofVANQeVBH7QSvlrgxEryePP6q6O1Qgz1D)
- [36] WEG. (s. f.). Recuperado de <https://static.weg.net/>
- [37] Budynas, R., Nisbett, K., & Shigley, J. (2009). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9.a ed.). McGRAW-HILL.

- [38] Norton, R. L. (2011). DISEÑO DE MAQUINAS: un enfoque integrado (4a. ed.).
- [39] José, R. V. (2003). Manual del electromecánico de mantenimiento. Ediciones Paraninfo, S.A.
- [40] *J745\_201911: Hydraulic Power Pump Test Procedure - SAE International.* (s. f.).  
[https://www.sae.org/standards/content/j745\\_201911/](https://www.sae.org/standards/content/j745_201911/)
- [41] ISO 10771-1:2015. (s. f.-b). Recuperado de  
<https://www.iso.org/standard/59660.html>
- [42] ISO 4411:2008. (s. f.). Recuperado de  
<https://www.iso.org/es/contents/data/standard/04/35/43559.html>
- [43] Seoadmin. (2024, 25 enero). Técnicas de diagnóstico durante los mantenimientos. Recuperado de  
<https://rentadeplantas.com.mx/tecnicas-de-diagnostico-durante-los-mantenimientos/?srsltid=AfmBOoq4pbTSZEOqSjb73dGGyod-F2dQUKAGhu0a4m5qwDvH4zhI2Aic>
- [44] NTP 446: Fallo de componentes: válvulas. (s. f.).
- [45] Falk Wrapflex Elastomeric Couplings. (2014).
- [46] ¿Cuál es el procedimiento y diagnóstico de los sistemas hidráulicos? (s. f.). Recuperado de <https://es.quora.com/Cu%C3%A1l-es-el-procedimiento-y-diagnostico-de-los-sistemas-hidr%C3%A1ulicos>

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: Guías de prácticas de laboratorio**

#### **PRÁCTICA NO. 1**

##### **Identificación y caracterización de componentes del equipo oleohidráulico**

#### **1. Objetivo**

- ✓ Identificar y familiarizarse con los componentes del equipo oleohidráulico.
- ✓ Lograr utilizar la unidad de fuerza, el panel y sistema de conexión de una manera apropiada para llevar a cabo los ejercicios proporcionados.

#### **2. Equipo de protección y materiales a utilizar**

##### **Equipo de protección personal**

- ✓ Guantes de protección
- ✓ Botas con cubo
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Casco de seguridad
- ✓ Gabacha

##### **Instrumentos a utilizar**

- ✓ Franela industrial
- ✓ Llave tipo Allen 3/16"

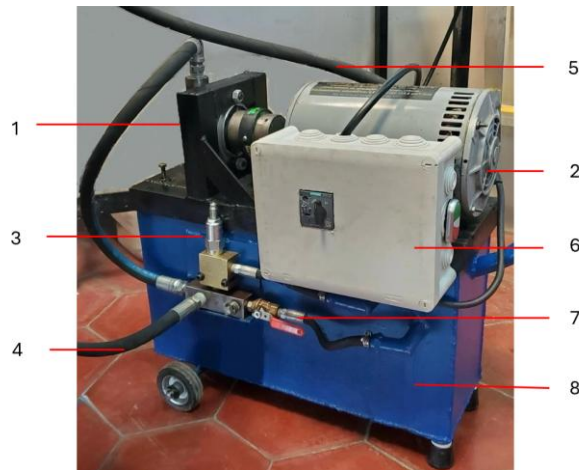
#### **3. Componentes a utilizar**

- ✓ Unidad de poder
- ✓ Manguera de interconexión

#### **4. Discusión**

## Componentes del equipo de oleohidráulica

### Unidad de Poder:



*Figura 226. Ubicación de los componentes de la unidad de poder*

1. Bomba de engranes externos: Proporciona el flujo de caudal al sistema y es accionada por un motor eléctrico.
2. Motor eléctrico: Convierte la energía eléctrica en energía mecánica para accionar la bomba hidráulica, permitiendo el funcionamiento del sistema.
3. Válvula de alivio de presión: Es la válvula de seguridad del sistema, es la que limita al valor máximo de presión a la que opera el sistema.
4. Conexiones de presión de salida: Es usado para la distribución de aceite. Proveen la presión requerida al sistema.
5. Conexiones del tanque de retorno: Usadas para retornar el aceite utilizado al depósito.
6. Sistema de arranque y protección: Este sistema incluye los interruptores de encendido y apagado del motor, así como un guardamotor ajustable, que

protege al motor contra sobrecargas y picos de corriente. Además, cuenta con un contactor, el cual permite la conexión y desconexión del circuito de potencia, actuando como intermediario entre los interruptores y el motor.

7. Válvula de bola: Permite abrir o cerrar el paso de fluido en el sistema, facilitando la conexión de bypass para desviar la mayor parte del flujo de retorno al depósito.
8. Depósito: Mantiene y almacena el fluido hidráulico necesario para funcionamiento adecuado de circulación del sistema.

**El tablero oleohidráulico comprende los siguientes componentes:**



*Figura 227. Ubicación de los componentes del tablero oleohidráulico*

1. Manómetro: Indica la presión de salida de la bomba y la presión de operación del sistema.
2. Puerto de alimentación: Es la toma de presión para los distintos módulos del sistema.

3. Puerto de salida a tanque: Es el conducto que dirige el fluido de regreso al tanque después de haber pasado por los distintos componentes, manteniendo así un circuito cerrado.

### Componentes oleohidráulicos del equipo practico:

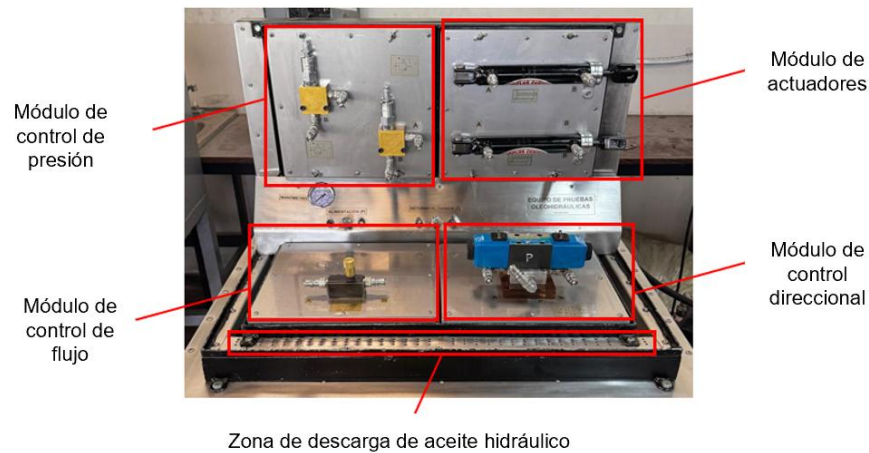


Figura 228. Ubicación de los módulos del equipo de oleohidráulica

1. Módulo de control de presión: incluye dos válvulas limitadoras de presión que permiten la creación de circuitos de secuencia, abriendo el paso de flujo cuando la presión alcanza el valor establecido, el cual debe ser menor o igual al de la válvula de alivio.
2. Módulo de control de flujo: consta de una válvula de control de flujo de fácil lectura, equipada con marcas de colores que indican el nivel de apertura.
3. Módulo de actuadores: compuesto por dos cilindros de doble efecto, utilizados para la conversión de energía hidráulica en movimiento lineal.
4. Módulo de control direccional: consta de una electroválvula 4/3 con centro tándem, alimentada a 24V, cuya función es controlar el accionamiento de los cilindros de doble efecto.

## Otros componentes:



Figura 229. fuente de corriente directa y accesorios de interconexión

1. Fuente de corriente directa: proporciona la potencia y el voltaje adecuados para energizar la electroválvula 4/3, permitiendo su accionamiento en las distintas posiciones.
2. Manómetro con acoples rápidos: mide e indica la presión en un punto específico del circuito, facilitando su conexión y desconexión.
3. Mangueras de interconexión: Utilizadas para conectar y transportar el fluido de un elemento a otro.
4. Conectores en T: Usadas para conexiones paralelas de fluido entre componentes.

## Datos técnicos del equipo

Tabla 43. Datos técnicos de los componentes del equipo

N°	Elemento	Características
1	Motor eléctrico	Marca: Marathon Electric Modelo: EWK 56T11O15509A Tipo de motor: Trifásico Potencia: 1.5 HP (1.1 KW) Numero de polos: 6 RPM: 1140

2	Bomba hidráulica	Volumen desplazado: 13.8 cm <sup>3</sup> /rev Presión que proporciona en el equipo: 500 psi
3	Válvula de alivio	Marca: EATON VIKERS Modelo: RV2-10-S-0-35/ Material: aluminio Rango de presión: 250 a 3500 psi
4	manómetro	Rango de presión: 0 a 1000 psi
5	Acoples rápidos	Material: Acero inoxidable AISI 302 Medida: ¼” Presión máxima: 5000 psi
6	Manguera de succión	Diámetro interno: 1” Presión de trabajo máxima: 1255 psi
	Mangueras de descarga	Diámetro interno: ½” Presión de trabajo máxima: 2295 psi
7	Mangueras de interconexión	Diámetro interno: ¼” Presión máxima: 3210 psi Presión de ruptura: 12840 psi No. de capas: 3 Material: caucho sintético y acero
8	Tanque	Volumen: 1.5 galones gal Tipo de aceite: Nuto H 32 Tipo de filtro: 150 micras

### Circuito de oleohidráulico

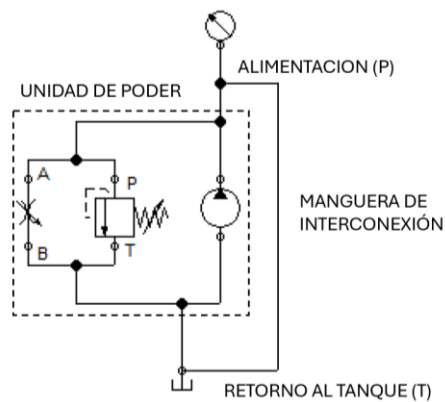


Figura 230. Diagrama hidráulico GL1



Figura 231. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°1

## 5. Reglas generales

### 5.1 Reglas de seguridad

- a) Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la unidad de poder esté apagada y el manómetro indique 0 psi.
- b) La válvula de alivio no debe ajustarse con la unidad de potencia encendida. En todas las prácticas, esta válvula debe mantenerse en su ajuste mínimo, con una presión de operación entre 100 y 150 psi. No debe realizarse ningún ajuste a menos que así lo indique su instructor.
- c) **IMPORTANTE:** Pedir siempre autorización a su instructor antes de activar la Unidad de Poder.

### 5.2 Encendido la unidad de poder

- a) Verifique que la válvula de alivio esté completamente abierta. Para ello, gire ligeramente en sentido antihorario con una llave Allen de 3/16".
- b) Asegúrese de que la válvula de bola en el bypass esté completamente abierta.

- c) Confirme que el motor esté conectado correctamente a la red eléctrica.
- d) Verifique visualmente que el interruptor del guardamotor esté en la posición ON y ajustado al mayor amperaje (6.3 A).
- e) Presione el botón verde del sistema de arranque y protección para encender el motor.
- f) Cierre la válvula de bola de manera gradual hasta que quede completamente cerrada (posición vertical). Notará en el manómetro del tablero cómo la presión comienza a aumentar.

### **5.3 Apagado de la unidad de poder**

- a) Desenergice el sistema hidráulico abriendo la válvula de bola. Notará cómo la presión del sistema disminuye.
- b) Corrobore que los dos interruptores de la fuente de corriente directa estén en posición OFF.
- c) Apague la unidad de poder presionando el botón rojo del sistema de arranque y protección.

### **5.4 Limpieza y almacenamiento**

- a) Desconecte las mangueras hidráulicas del circuito una por una, descargando el aceite acumulado en los acoples rápidos en la zona de descarga de aceite hidráulico.
- b) Limpie cada componente con la franela industrial y almacénelos en sus respectivas gavetas de la estructura metálica.

## **6. Procedimiento del ejercicio**

- a) Examine detalladamente la unidad de fuerza. Localice cada uno de los componentes arriba mencionados.
- b) Estudie detalladamente el tablero hidráulico. Localice cada componente y conector arriba mencionado.
- c) Ponga atención a las varias localizaciones. Esto le ayudará a llevar a cabo la prueba de una manera apropiada.
- d) Estudie detalladamente el diagrama del circuito hidráulico GL1.
- e) Construya el circuito hidráulico presentado en el diagrama GL1.
- f) Qué tipo de aceite y que cantidad es el que contiene el depósito: \_\_\_\_\_  
(1-5) líneas
- g) Conecte el puerto de alimentación (P) con el retorno a tanque (T) utilizando una manguera de interconexión.
- h) Encienda la unidad de poder como se indica en el apartado 5.2.
- i) Mida la presión que marca el manómetro: \_\_\_\_\_ psi
- j) Apague la unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.3.
- k) Limpie los componentes utilizados y almacénelos como se explica en el apartado 5.4.

## **7. Preguntas**

1. ¿Por qué es necesario medir las presiones, a la entrada y salida de los componentes?
2. ¿Cuáles son las características del aceite hidráulico que se está utilizando?
3. ¿Por qué son necesarias las válvulas de alivio?

4. ¿Qué medidas de mangueras hidráulicas posee el equipo de prácticas?
5. ¿Mencione 5 elementos usados en un sistema hidráulico?
6. ¿Cuál es el caudal proporcionado por la bomba?
7. ¿Qué elemento del banco son los más vulnerables a la ruptura o a falla, y por qué?

## **PRÁCTICA NO. 2**

### **Verificación y ajuste de una válvula reguladora de caudal y una limitadora de presión**

#### **1. Objetivos**

- ✓ Explicar el método de verificación y ajuste de una válvula reguladora de caudal.
- ✓ Explicar el método de verificación y ajuste de una válvula limitadora de presión.
- ✓ Construir un circuito hidráulico para el procedimiento de verificación, llevar a cabo la verificación, el ajuste formulando, y posteriormente plantear conclusiones.

#### **2. Equipo de protección y materiales a utilizar**

##### **Equipo de protección personal**

- ✓ Guantes de protección
- ✓ Botas con cubo
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Casco de seguridad

##### **Instrumentos a utilizar**

- ✓ Franela industrial
- ✓ Llave tipo Allen 3/16"

- ✓ Gabacha

### 3. Componentes a utilizar

- ✓ Unidad de poder
- ✓ Tablero hidráulico
- ✓ Válvula reguladora de caudal
- ✓ Válvula limitadora de presión
- ✓ Manómetro
- ✓ Juego de mangueras con Conexión Rápida.

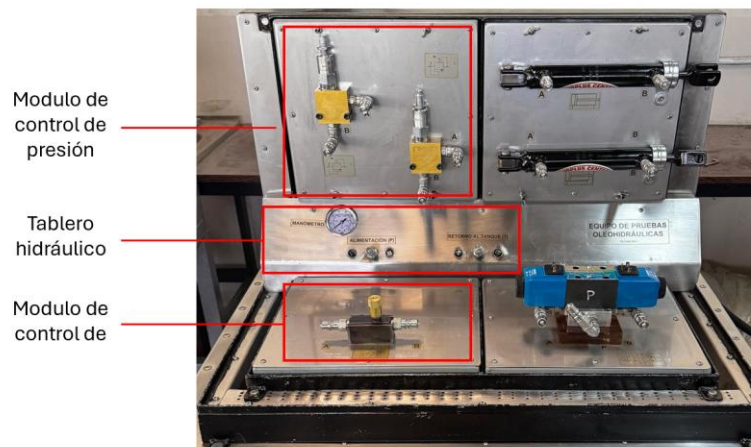


Figura 232. Ubicación de los módulos y componentes a utilizar

### Caracterización de los componentes

Tabla 44. características de válvulas hidráulicas

N°	Componte	Características
1	Válvula reguladora de caudal	<p>Marca: Deltrol</p> <p>Modelo: EF20S</p> <p>Niveles de regulación: 5 niveles de ajuste</p> <p>Presión máxima de operación: 5000 psi</p>

2	Válvula limitadora de presión	Marca: Eaton Vickers Modelo: RV3-10-S-0-3/ Material: Aluminio Rango de presión: 50 a 300 psi
---	-------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. Discusión

Para asegurar las condiciones apropiadas de accionamiento en un circuito hidráulico es siempre necesario llevar a cabo verificaciones y ajuste de varios componentes hidráulicos de acuerdo con los resultados. Anteriormente se estudió el funcionamiento y características de los principales componentes del equipo. Ahora nos enfocaremos en el funcionamiento de una Válvula Reguladora de flujo y limitadora de presión, para lo cual se proporciona el siguiente circuito.

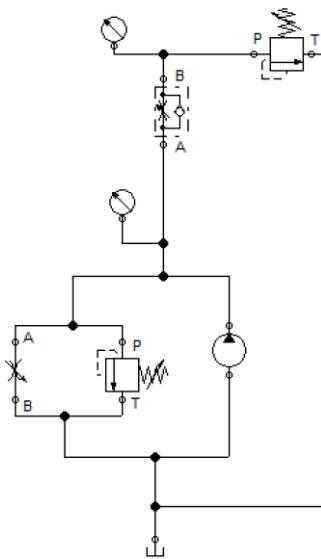


Figura 233. Diagrama hidráulico GL2

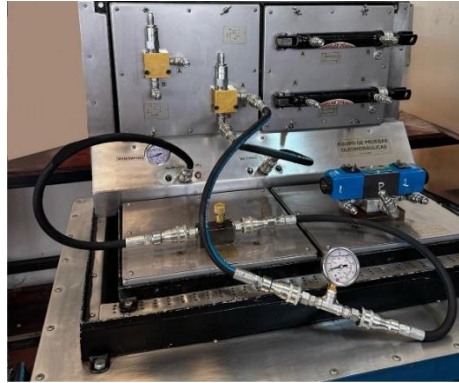


Figura 234. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°2

## 5. Reglas generales

### 5.1 Reglas de seguridad

- a) Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la unidad de poder esté apagada y el manómetro indique 0 psi.
- b) La válvula de alivio no debe ajustarse con la unidad de potencia encendida. En todas las prácticas, esta válvula debe mantenerse en su ajuste mínimo, con una presión de operación entre 100 y 150 psi. No debe realizarse ningún ajuste a menos que así lo indique su instructor.
- c) **IMPORTANTE:** Pedir siempre autorización a su instructor antes de activar la Unidad de Poder.

### 5.2 Encendido la unidad de poder

- a) Verifique que la válvula de alivio esté completamente abierta. Para ello, gire ligeramente en sentido antihorario con una llave Allen de 3/16".
- b) Asegúrese de que la válvula de bola en el bypass esté completamente abierta.
- c) Confirme que el motor esté conectado correctamente a la red eléctrica.

- d) Verifique visualmente que el interruptor del guardamotor esté en la posición ON y ajustado al mayor amperaje (6.3 A).
- e) Presione el botón verde del sistema de arranque y protección para encender el motor.
- f) Cierre la válvula de bola de manera gradual hasta que quede completamente cerrada (posición vertical). Notará en el manómetro del tablero cómo la presión comienza a aumentar.

### **5.3 Apagado de la unidad de poder**

- a) Desenergice el sistema hidráulico abriendo la válvula de bola. Notará cómo la presión del sistema disminuye.
- b) Corrobore que los dos interruptores de la fuente de corriente directa estén en posición OFF.
- c) Apague la unidad de poder presionando el botón rojo del sistema de arranque y protección.

### **5.4 Limpieza y almacenamiento**

- a) Desconecte las mangueras hidráulicas del circuito una por una, descargando el aceite acumulado en los acoples rápidos en la Zona de descarga de aceite hidráulico.
- b) Limpie cada componente con la franela industrial y almacénelos en sus respectivas gavetas de la estructura metálica.

## **6. Procedimiento del ejercicio**

- a) Estudie detalladamente el diagrama del circuito hidráulico dado.
- b) Construya el circuito hidráulico presentado en el diagrama GL2.

**NOTA:** Prestar atención a la dirección de conexión de los diferentes componentes.

- c) Encienda la Unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.2.
- d) Asegúrese de que el sistema produzca la presión entre 100 y 150 psi.
- e) Asegúrese, que la válvula reguladora de caudal esté completamente cerrada.

### **IMPORTANTE**

- f) Antes de ajustar la válvula limitadora de presión, desenergice hidráulicamente el sistema realizando los siguientes pasos:
  - ✓ Abra la válvula de bola en el bypass para liberar la presión (posición horizontal).
  - ✓ Cierre la válvula de flujo de lectura rápida (identificada por sus marcas de colores) para asegurarse de que no haya presión en el sistema durante el ajuste.
- g) Ajuste de la presión en la válvula limitadora:
  - ✓ Utilice una llave Allen de 3/16" para ajustar la presión deseada en la válvula limitadora de presión.
  - ✓ Para mayor precisión, use la geometría de la llave Allen para dar cuartos de vuelta o medias vueltas al realizar el ajuste.
  - ✓ Inicie el ajuste desde la presión mínima, es decir, con la válvula completamente abierta (a 50 psi). Cada vuelta del tornillo de ajuste incrementa la presión de apertura en 25 psi.
  - ✓ Cierre la válvula de bola en el bypass.

- h) Gire la válvula reguladora de caudal, según los niveles de colores y mida la presión en el manómetro que se encuentra entre la válvula de caudal y la válvula limitadora de presión.
- i) Repita los pasos f y i con diferentes presiones, y coloque los resultados en la siguiente tabla según se indican.

Presión de Ajuste	Niveles				
	Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado
0 vueltas 50 psi					
1 vueltas 75 psi					
2 vueltas 100 psi					
3 vueltas 125 psi					

- j) Apague la unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.3.
- k) Limpie los componentes utilizados y almacénelos como se explica en el apartado 5.4.

## 7. Preguntas

- ¿Cuándo se abre la Válvula limitadora de Presión y qué influencia tiene su punto de apertura?
- ¿Cómo saber cuándo una válvula de control de presión sea la de alivio o limitadora se está abriendo?
- ¿Porque se activa más la válvula de alivio en los niveles Rojo y azul?

4. ¿porque a partir del nivel naranja la presión es constante en los siguientes niveles?
5. ¿La válvula reguladora de caudal puede controlar la presión?
6. ¿Qué ocurriría si energizara hidráulicamente el puerto B de la válvula limitadora de presión y el puerto A al retorno al tanque?

### **PRÁCTICA NO. 3**

#### **Control de un cilindro hidráulico de doble efecto accionado por electroválvula 4/3 con centro en tándem**

##### **1. Objetivos**

- ✓ Construir y operar un circuito hidráulico para controlar un cilindro de doble efecto por medio de electroválvula.
- ✓ Explicar el funcionamiento y uso de una válvula 4/3 vías direccional, con centro en tándem en un circuito hidráulico.
- ✓ Construir y accionar un circuito hidráulico de acuerdo con el diagrama proporcionado.

##### **2. Equipo de protección y materiales a utilizar**

###### **Equipo de protección personal**

- ✓ Guantes de protección
- ✓ Botas con cubo
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Casco de seguridad
- ✓ Gabacha

###### **Instrumentos a utilizar**

- ✓ Franela industrial
- ✓ Llave tipo Allen 3/16"

### 3. Componentes a utilizar

- ✓ Cilindro hidráulico
- ✓ Electroválvula de control direccional 4/3 con tándem
- ✓ Unidad de poder
- ✓ Juego de mangueras con conexión rápida (5)
- ✓ Manómetro
- ✓ Fuente de corriente directa a 24 V

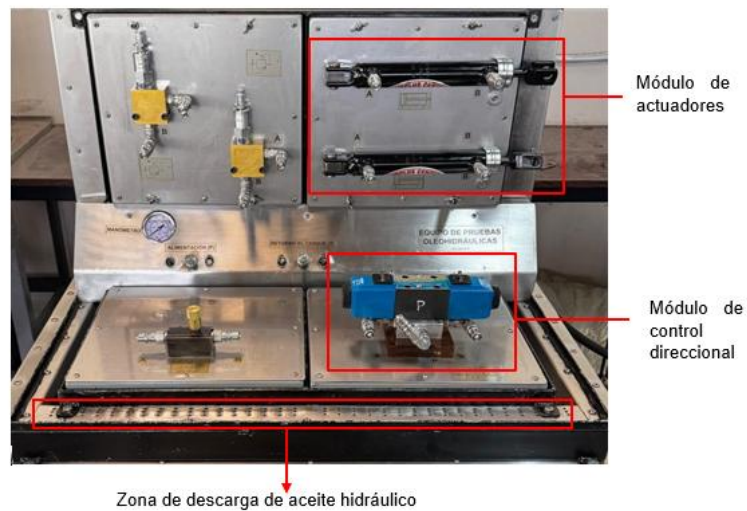


Figura 235. Ubicación de los módulos del equipo de oleohidráulica

### 4. Discusión

En un Cilindro de doble efecto el movimiento del pistón puede ejercer una fuerza en una u otra dirección. El movimiento es causado por la presión del aceite aplicada a una u otra cara del embolo según se exija. Los Cilindros de doble efecto son usados para ejercer una fuerza con el movimiento en una de las dos direcciones opuestas.

La válvula 4/3 vías direccional con centro en tándem, es usada en circuitos hidráulico para control de cilindros de doble efecto o motores hidráulicos. La válvula tiene cuatro vías y tres posiciones. En su posición central hay un paso libre entre las compuertas P y T, mientras que las compuertas A y B están cerradas. (Entre las compuertas P y T hay un flujo sin presión).

El presente circuito, simula un sistema en el cual se moverá el pistón del cilindro de doble efecto, al ser accionado este permite que el aceite fluya de forma presurizada y de esta manera el cilindro se mueva libremente. Cuando la electroválvula es activada por la fuente de poder del dado derecho entonces el aceite fluye y hace que el pistón se extienda, al accionar la electroválvula del lado izquierdo el aceite fluye y hace que el cilindro se retraiga.

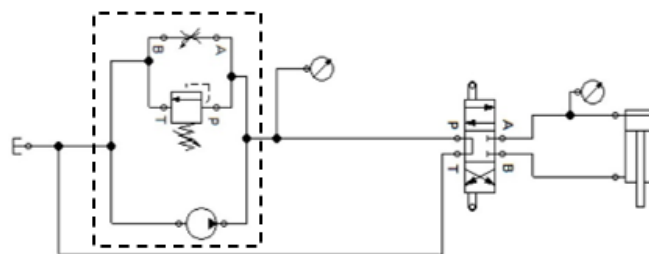


Figura 236. Diagrama circuito hidráulico GL3



*Figura 237. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°3*

## **5. Reglas generales**

### **5.1. Reglas de seguridad**

- a) Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la unidad de poder esté apagada y el manómetro indique 0 psi.
- b) La válvula de alivio no debe ajustarse con la unidad de potencia encendida. En todas las prácticas, esta válvula debe mantenerse en su ajuste mínimo, con una presión de operación entre 100 y 150 psi. No debe realizarse ningún ajuste a menos que así lo indique su instructor.
- c) **IMPORTANTE:** Pedir siempre autorización a su instructor antes de activar la Unidad de Poder.

### **5.2. Encendido la unidad de poder**

- a) Verifique que la válvula de alivio esté completamente abierta. Para ello, gire ligeramente en sentido antihorario con una llave Allen de 3/16".
- b) Asegúrese de que la válvula de bola en el bypass esté completamente abierta.
- c) Confirme que el motor esté conectado correctamente a la red eléctrica.

- d) Verifique visualmente que el interruptor del guardamotor esté en la posición ON y ajustado al mayor amperaje (6.3 A).
- e) Presione el botón verde del sistema de arranque y protección para encender el motor.
- f) Cierre la válvula de bola de manera gradual hasta que quede completamente cerrada (posición vertical). Notará en el manómetro del tablero cómo la presión comienza a aumentar.

### **5.3. Apagado de la unidad de poder**

- a) Desenergice el sistema hidráulico abriendo la válvula de bola. Notará cómo la presión del sistema disminuye.
- b) Corrobore que los dos interruptores de la fuente de corriente directa estén en posición OFF.
- c) Apague la unidad de poder presionando el botón rojo del sistema de arranque y protección.

### **5.4. Limpieza y almacenamiento**

- a) Desconecte las mangueras hidráulicas del circuito una por una, descargando el aceite acumulado en los acoples rápidos en la zona de descarga de aceite hidráulico.
- b) Limpie cada componente con la franela industrial y almacénelos en sus respectivas gavetas de la estructura metálica.

## **6. Procedimiento de la práctica de laboratorio**

- a) Estudie detalladamente el diagrama del circuito hidráulico dado.
- b) Construya el circuito hidráulico presentado en el diagrama GL3.

c) Conecte la fuente de corriente directa a la electroválvula.

**NOTA:** Prestar atención a la dirección de conexión de los diferentes componentes.

d) Encienda la unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.2.

e) Asegúrese de que el sistema produzca la presión de 120 a 150 psi.

f) Active la electroválvula 4/3 con el interruptor 1 de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición ON. La línea que simula el alimentador moverá hacia A+ los dos vástagos de los cilindros de doble efecto

g) Libere la válvula 4/3" con el mismo interruptor de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición OFF.

h) Con el interruptor 2 de la fuente de corriente directa, opere la electroválvula 4/3 llevando dicho interruptor a la posición ON, presurizado el puerto B. La línea que simula la descarga moverá hacia A- los dos vástagos de los cilindros de doble efecto.

i) Libere la electroválvula 4/3 con el mismo interruptor de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición OFF.

j) Apague la unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.3.

k) Limpie los componentes utilizados y almacénelos como se explica en el apartado 5.4.

l) Caracterización de cilindro hidráulico:

N°	Elemento	Características
1	Cilindro hidráulico	Presión máxima de operación: 150 psi Carrera: 6" (0.1524 m) Diámetro del cilindro: 1" (0.0254 m) Diámetro del vástago: ½" (0.0127 m)

## 7. Preguntas

1. ¿Por qué la velocidad de retracción del cilindro hidráulico es más rápida que la de extensión del pistón?
2. ¿Considerando las dos caras del cilindro hidráulico? ¿En qué cara la presión del aceite ejercerá una fuerza mayor? Explique por qué.
3. Calcule la fuerza de desplazamiento del aceite hidráulico para accionar el cilindro hidráulico.
4. ¿Cómo haría para que se incrementara la velocidad del cilindro hidráulico?
5. ¿Qué ocurre cuando la electroválvula está en su posición tándem?
6. ¿Qué pasaría, si la válvula de control se sustituye por otra de 4 vías, 3 posiciones, con condición de centro cerrado?
7. ¿Por qué no se desplaza el pistón cuando la válvula estaba en su posición central?

### Práctica No. 4

#### Regulación de flujo de entrada y salida en cilindro hidráulico de doble efecto accionado por electroválvula 4/3 con centro en tándem

## 1. Objetivos

- ✓ Construir y accionar un circuito hidráulico de acuerdo con un diagrama dado.
- ✓ Explicar los métodos de regulación del flujo primario y secundario en un circuito hidráulico.

## **2. Equipo de protección y materiales a utilizar**

### **Equipo de protección personal**

- ✓ Guantes de protección
- ✓ Botas con cubo
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Casco de seguridad
- ✓ Gabacha

### **Instrumentos a utilizar**

- ✓ Franela industrial
- ✓ Llave tipo Allen 3/16"

## **3. Componentes a utilizar**

- ✓ Cilindro hidráulico
- ✓ Electroválvula de control direccional 4/3 con tándem
- ✓ Unidad de poder
- ✓ 6 mangueras
- ✓ Manómetro conectado en T
- ✓ Fuente de corriente directa 24 V
- ✓ Válvula reguladora de caudal

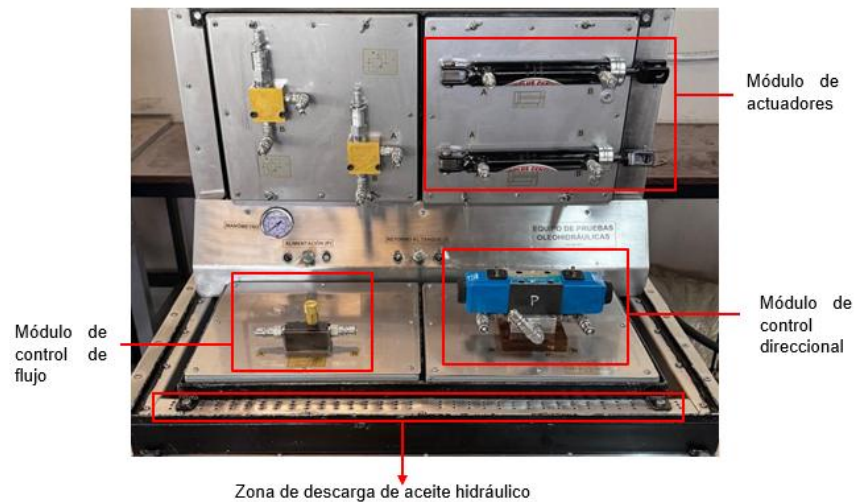


Figura 238. Ubicación de los módulos del equipo de oleohidráulica

#### 4. Discusión

Al regular el flujo primario, el caudal hacia el actuador es mantenido constante. En los sistemas hidráulicos el control del flujo y la cantidad de éste es importante, acorde a la función que pueden desempeñar estas variaciones, ya que tienen relación directa con la velocidad de avance.

El presente circuito simula un sistema, en el cual se moverá el pistón del cilindro de doble efecto, al ser accionado este permite que el aceite fluya de forma presurizada y de esta manera el cilindro se mueva libremente variando el paso de flujo por medio de la válvula reguladora de caudal. Cuando la electroválvula es activada por la fuente de poder del lado derecho entonces el aceite fluye y hace que el pistón se extienda, al accionar la electroválvula del lado izquierdo el aceite fluye y hace que el cilindro se retraiga.

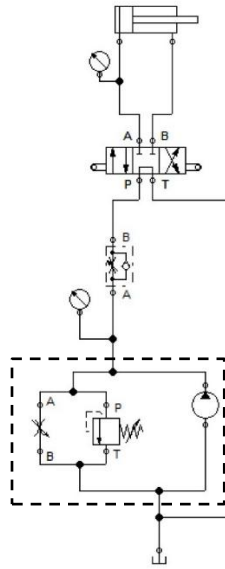


Figura 239. Diagrama hidráulico GL4



Figura 240. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°4

## 5. Reglas generales

### 5.1. Reglas de seguridad

- a) Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la unidad de poder esté apagada y el manómetro indique 0 psi.
- b) La válvula de alivio no debe ajustarse con la unidad de potencia encendida. En todas las prácticas, esta válvula debe mantenerse en su

ajuste mínimo, con una presión de operación entre 100 y 150 psi. No debe realizarse ningún ajuste a menos que así lo indique su instructor.

- c) **IMPORTANTE:** Pedir siempre autorización a su instructor antes de activar la Unidad de Poder.

### **5.2. Encendido la unidad de poder**

- a) Verifique que la válvula de alivio esté completamente abierta. Para ello, gire ligeramente en sentido antihorario con una llave Allen de 3/16".
- b) Asegúrese de que la válvula de bola en el bypass esté completamente abierta.
- c) Confirme que el motor esté conectado correctamente a la red eléctrica.
- d) Verifique visualmente que el interruptor del guardamotor esté en la posición ON y ajustado al mayor amperaje (6.3 A).
- e) Presione el botón verde del sistema de arranque y protección para encender el motor.
- f) Cierre la válvula de bola de manera gradual hasta que quede completamente cerrada (posición vertical). Notará en el manómetro del tablero cómo la presión comienza a aumentar.

### **5.3. Apagado de la unidad de poder**

- a) Des energice el sistema hidráulico abriendo la válvula de bola. Notará cómo la presión del sistema disminuye.
- b) Corrobore que los dos interruptores de la fuente de corriente directa estén en posición OFF.

- c) Apague la unidad de poder presionando el botón rojo del sistema de arranque y protección.

#### **5.4. Limpieza y almacenamiento**

- a) Desconecte las mangueras hidráulicas del circuito una por una, descargando el aceite acumulado en los acoples rápidos en la Zona de descarga de aceite hidráulico.
- b) Limpie cada componente con la franela industrial y almacénelos en sus respectivas gavetas de la estructura metálica.

### **6. Procedimiento de la práctica de laboratorio**

- a) Estudie detalladamente el diagrama del circuito hidráulico dado.
- b) Construya el circuito hidráulico presentado en el diagrama GL4.

***NOTA:** Prestar atención a la dirección de conexión de los diferentes componentes.*

- c) Conecte la fuente de corriente directa a la electroválvula.
- d) Encienda la unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.2.
- e) Ajuste la válvula reguladora de caudal al nivel rojo.
- f) Active la electroválvula 4/3 con el interruptor 1 de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición ON. La línea que simula el alimentador moverá hacia A+ el vástago del cilindro de doble efecto.
- g) Mida el tiempo en que se tarda en extender el vástago.
- h) Libere la válvula 4/3" con el mismo interruptor de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición OFF.

- i) Con el interruptor 2 de la fuente de corriente directa, opere la electroválvula 4/3 llevando dicho interruptor a la posición ON, presurizado el puerto B. La línea que simula la descarga moverá hacia A- el vástago del cilindro de doble efecto.
- j) Mida el tiempo en que se tarda en retraer el vástago.
- k) Libere la válvula 4/3" con el mismo interruptor de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición OFF.
- l) Repita los pasos e, f, g, h, i, j, k, con los distintos niveles de ajuste de la válvula reguladora de caudal. Y coloque los tiempos en la siguiente tabla:

<b>Nivel</b> <b>Movimiento</b>	<b>Rojo</b>	<b>Azul</b>	<b>Naranja</b>	<b>Verde</b>	<b>Plata</b>
Extensión (A+)					
Retracción (A-)					

- m) Apague la unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.3.
- n) Limpie los componentes utilizados y almacénelos como se explica en el apartado 5.4.
- o) Calcule el caudal para cada uno de los tiempos medidos.

## 7. Preguntas

1. ¿De qué otra forma podríamos controlar la velocidad extensión y retracción?

2. ¿Tendríamos los mismos resultados si colocamos la válvula reguladora de caudal entre el puerto A de la electroválvula y la entrada de cilindro? ¿Por qué?
3. Menciona en que mecanismo podríamos ocupar este tipo de regulación.
4. ¿Necesitaríamos una válvula check en el sistema en estudio?

## **PRACTICA N° 5**

### **Accionamiento de cilindros hidráulicos de doble efecto conectados en paralelo, accionados por electroválvula 4/3 con centro en tándem**

#### **1. Objetivos**

- ✓ Construir, accionar y ajustar un circuito hidráulico en que dos cilindros de doble efecto hidráulico están conectados en paralelo.
- ✓ Explicar el accionamiento de un circuito conectado en paralelo con dos cilindros de doble efecto, usando electroválvula 4/3 con centro en tándem.
- ✓ Explicar la relación entre la presión fijada y el accionamiento en paralelo.

#### **2. Equipo de protección y materiales a utilizar**

##### **Equipo de protección personal**

- ✓ Guantes de protección
- ✓ Botas con cubo
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Casco de seguridad

##### **Instrumentos a utilizar**

- ✓ Franela industrial
- ✓ Llave tipo Allen 3/16"

- ✓ Gabacha

### 3. Componentes a utilizar

- ✓ Módulo de actuadores
- ✓ Módulo de control direccional
- ✓ Unidad de poder
- ✓ 9 mangueras hidráulicas
- ✓ 2 conectores en T
- ✓ Manómetro del conector en T
- ✓ Fuente de corriente directa

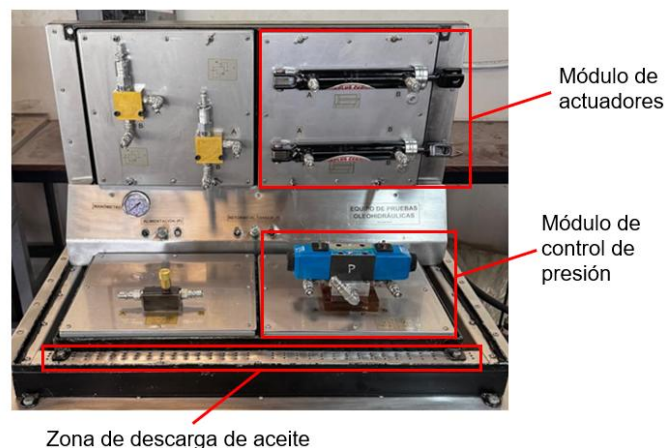


Figura 241. Ubicación de los módulos a utilizar en el equipo de oleohidráulica

### 4. Discusión

El siguiente circuito hidráulico, simula un sistema en donde dos cilindros de doble efecto están trabajando en paralelo. Los cilindros, simulan un dispositivo de sujeción, como el que podríamos encontrar en una prensa hidráulica. Al energizar de la electroválvula 4/3 para que el flujo pase por el puerto A, hace que

los dos pistones se muevan simultáneamente hacia sus posiciones A+, y cuando se acciona el puerto B de la electroválvula, los cilindros se moverán en el sentido contrario A-.

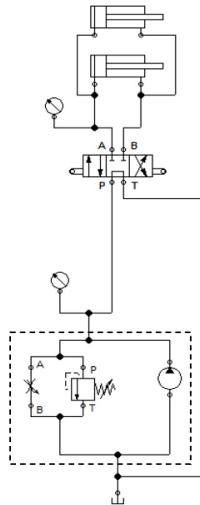


Figura 242. Diagrama hidráulico GL5

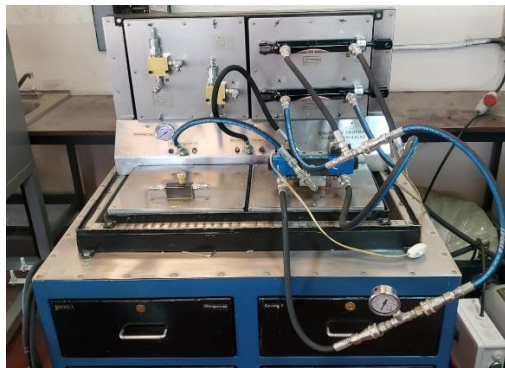


Figura 243. Construcción del circuito hidráulico de la práctica N°5

## 5. Reglas generales

### 5.1. Reglas de seguridad

- Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la unidad de fuerza esté apagada y el manómetro indique 0 psi.

- b) La válvula de alivio no debe ajustarse con la unidad de potencia encendida. En todas las prácticas, esta válvula debe mantenerse en su ajuste mínimo, con una presión de operación entre 100 y 150 psi. No debe realizarse ningún ajuste a menos que así lo indique su instructor.
- c) **IMPORTANTE:** Pedir siempre autorización a su instructor antes de activar la Unidad de Poder.

### **5.2. Encendido la unidad de poder**

- a) Verifique que la válvula de alivio esté completamente abierta. Para ello, gire ligeramente en sentido antihorario con una llave Allen de 3/16".
- b) Asegúrese de que la válvula de bola en el bypass esté completamente abierta.
- c) Confirme que el motor esté conectado correctamente a la red eléctrica.
- d) Verifique visualmente que el interruptor del guardamotor esté en la posición ON y ajustado al mayor amperaje (6.3 A).
- e) Presione el botón verde del sistema de arranque y protección para encender el motor.
- f) Cierre la válvula de bola de manera gradual hasta que quede completamente cerrada (posición vertical). Notará en el manómetro del tablero cómo la presión comienza a aumentar.

### **5.3. Apagado de la unidad de poder**

- a) Desenergice el sistema hidráulico abriendo la válvula de bola. Notará cómo la presión del sistema disminuye.

- b) Corrobore que los dos interruptores de la fuente de corriente directa estén en posición OFF.
- c) Apague la unidad de poder presionando el botón rojo del sistema de arranque y protección.

#### **5.4. Limpieza y almacenamiento**

- a) Desconecte las mangueras hidráulicas del circuito una por una, descargando el aceite acumulado en los acoples rápidos en la Zona de descarga de aceite hidráulico.
- b) Limpie cada componente con la franela industrial y almacénelos en sus respectivas gavetas de la estructura metálica.

### **6. Procedimiento de la práctica de laboratorio**

- a) Estudie detalladamente el diagrama del circuito hidráulico proporcionado.
- b) Construya el circuito presentado en el Figura 2. Y Conecte la fuente de corriente directa a la electroválvula 4/3.

*NOTA: Prestar atención a la dirección de conexión de los diferentes componentes.*

- c) Encienda la unidad de fuerza siguiendo los pasos explicados en el *apartado 5.2.*
- d) Active la electroválvula 4/3 con el interruptor 1 de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición ON. La línea que simula el alimentador moverá hacia A+ los dos vástagos de los cilindros de doble efecto.
- e) Mida la presión en el manómetro 1 de la estructura metálica y en el manómetro 2 instalado en el circuito hidráulico.

Presión manómetro 1 (psi):

Presión manómetro 2 (psi):

- f) Libere la electroválvula 4/3 con el mismo interruptor de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición OFF.
- g) Con el interruptor 2 de la fuente de corriente directa, opere la electroválvula 4/3 llevando dicho interruptor a la posición ON, presurizado el puerto B. La línea que simula la descarga moverá hacia A- los dos vástagos de los cilindros de doble efecto.
- h) Realice los siguientes cálculos y análisis:
  - ✓ Mida 4 veces el tiempo (s) de expansión y retracción de los vástagos de los cilindros de doble efecto y calcule el promedio de estos tiempos.

Posición	t1	t2	t3	t4	Promedio (s)
Extracción (A+)					
Retracción (A-)					

- ✓ Realice un análisis comparativo del tiempo promedio de extracción y del tiempo promedio de retracción, con respecto a las mediciones obtenidas.
- ✓ Con el vástago extendido, mida la carrera de este para obtener la distancia de recorrido en m.

Carrera del vástago (m):

- ✓ Calcule la velocidad de expansión y retracción.

Velocidad de extracción (m/s):

Velocidad de retracción (m/s):

- ✓ Realice un análisis comparativo de la velocidad de extracción y de la velocidad de retracción, con respecto a los resultados numéricos que se obtuvieron.
- i) Libere la electroválvula 4/3 con el mismo interruptor de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición OFF.
- j) Apague la unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.3.
- k) Limpie los componentes utilizados y almacénelos como se explica en el apartado 5.4.

## **7. Preguntas**

1. Explique si se pudiese utilizar este circuito para simular una estampadora.
2. ¿Cuál es el objetivo de la conexión en T?
3. ¿Existe algún retraso en la extensión o retracción en alguno de los vástagos? Explique.
4. ¿Qué tipo de válvula de flujo podríamos ocupar, para sustituir la conexión en T?
5. ¿Si el cilindro 2 tuviera una carga externa, seguirían teniendo ambos cilindros el mismo tiempo de final de carrera?

## PRACTICA N° 6

### **Accionamiento de cilindros hidráulicos de doble efecto conectados en serie, accionados por electroválvula 4/3 con centro en tándem**

#### **1. Objetivos**

- ✓ Construir, accionar y ajustar un circuito hidráulico en que dos cilindros de doble efecto están conectados en serie.
- ✓ Determinar la presión de ajuste necesaria de las válvulas limitadoras de presión para que la secuencia requerida se cumpla en todos los niveles de control de flujo.
- ✓ Explicar la relación entre la presión fijada en el sistema y el accionamiento en serie de los actuadores.
- ✓ Comprender el funcionamiento de una válvula antirretorno.

#### **2. Equipo de protección y materiales a utilizar**

##### **Equipo de protección personal**

- ✓ Guantes de protección
- ✓ Botas con cubo
- ✓ Gafas de seguridad
- ✓ Casco de seguridad
- ✓ Gabacha

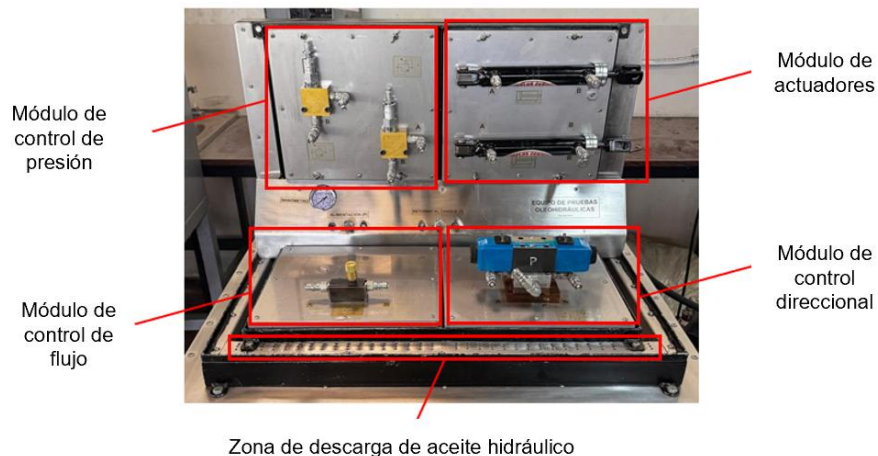
##### **Instrumentos a utilizar**

- ✓ Franela industrial
- ✓ Llave tipo Allen 3/16"

#### **3. Componentes a utilizar**

- ✓ Módulo de actuadores
- ✓ Módulo de control direccional

- ✓ Módulo de control de flujo
- ✓ Módulo de control de presión
- ✓ Unidad de poder
- ✓ 16 mangueras hidráulicas
- ✓ 2 conectores en T
- ✓ Manómetro del conector en T
- ✓ Fuente de corriente directa
- ✓ Válvula check
- ✓ Válvulas limitadoras de presión



*Figura 244. Ubicación de los módulos del equipo de oleohidráulica*

#### 4. Discusión

El siguiente circuito hidráulico, simula un sistema en donde dos cilindros de doble efecto están trabajando en serie. Un cilindro de doble efecto hidráulico simula un dispositivo de alimentación y el otro un dispositivo de estampado. Cuando la electroválvula 4/3 presuriza el puerto A, el cilindro 1 se extiende, simulando la alimentación y sujeción de una pieza, cuando dicho cilindro alcance

la presión deseada, el cilindro 2 debe comenzar a extenderse, simulando el estampado de la pieza. Cuando dicha etapa termine, la válvula debe ponerse en su posición tándem, para luego presurizar el puerto B, lo cual debe retraer el cilindro 2 (cilindro de estampado) y al terminar debe empezar a retraer el cilindro 1 (cilindro de alimentación y sujeción) lo cual liberaría la pieza trabajada.

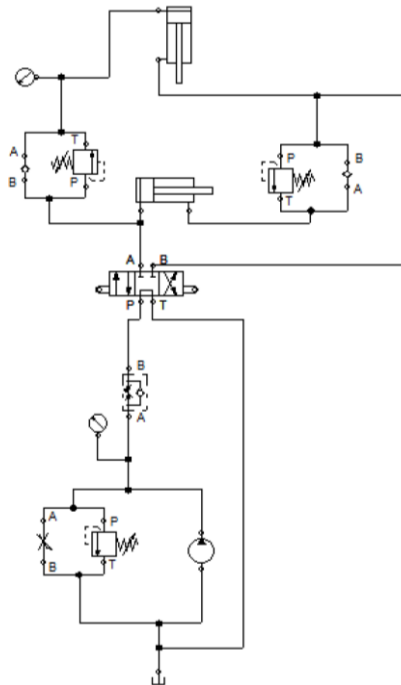


Figura 245. Diagrama hidráulico GL6



Figura 246. Construcción del circuito hidráulico GL6

## **5. Reglas generales**

### **5.1. Reglas de seguridad**

- a) Antes de conectar o desconectar los componentes, asegúrese que la unidad de fuerza esté apagada y el manómetro indique 0 psi.
- b) La válvula de alivio no debe ajustarse con la unidad de potencia encendida. En todas las prácticas, esta válvula debe mantenerse en su ajuste mínimo, con una presión de operación entre 100 y 150 psi. No debe realizarse ningún ajuste a menos que así lo indique su instructor.
- c) **IMPORTANTE:** Pedir siempre autorización a su instructor antes de activar la Unidad de Poder.

### **5.2. Encendido la unidad de poder**

- a) Verifique que la válvula de alivio esté completamente abierta. Para ello, gire ligeramente en sentido antihorario con una llave Allen de 3/16".
- b) Asegúrese de que la válvula de bola en el bypass esté completamente abierta.
- c) Confirme que el motor esté conectado correctamente a la red eléctrica.
- d) Verifique visualmente que el interruptor del guardamotor esté en la posición ON y ajustado al mayor amperaje (6.3 A).
- e) Presione el botón verde del sistema de arranque y protección para encender el motor.
- f) Cierre la válvula de bola de manera gradual hasta que quede completamente cerrada (posición vertical). Notará en el manómetro del tablero cómo la presión comienza a aumentar.

### **5.3. Apagado de la unidad de poder**

- a) Desenergice el sistema hidráulico abriendo la válvula de bola. Notará cómo la presión del sistema disminuye.
- b) Corrobore que los dos interruptores de la fuente de corriente directa estén en posición OFF.
- c) Apague la unidad de poder presionando el botón rojo del sistema de arranque y protección.

### **5.4. Limpieza y almacenamiento**

- a) Desconecte las mangueras hidráulicas del circuito una por una, descargando el aceite acumulado en los acoples rápidos en la zona de descarga de aceite hidráulico.
- b) Limpie cada componente con la franela industrial y almacénelos en sus respectivas gavetas de la estructura metálica.

## **6. Procedimiento de la práctica de laboratorio**

- a) Estudie detalladamente el diagrama del circuito hidráulico proporcionado.
- b) Construya el circuito presentado el diagrama GL6.

*NOTA: Prestar atención a la dirección de conexión de los diferentes componentes.*

- c) Conecte la fuente de corriente directa a la electroválvula 4/3.
- d) Ajuste la válvula reguladora de flujo al nivel rojo.
- e) Encienda la unidad de fuerza siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.2.

- f) Asegúrese de que el sistema produzca la presión de 120 a 150 psi confirmando que la válvula de alivio se encuentre completamente abierta.
- g) Asegúrese, que la válvula reguladora de caudal esté completamente cerrada.

### **IMPORTANTE**

- h) Antes de ajustar la válvula limitadora de presión, desenergice hidráulicamente el sistema realizando los siguientes pasos:
  - ✓ Abra la válvula de bola en el bypass para liberar la presión (posición horizontal).
  - ✓ Cierre la válvula de flujo de lectura rápida (identificada por sus marcas de colores) para asegurarse de que no haya presión en el sistema durante el ajuste.
- i) Ajuste de la presión en la válvula limitadora:
  - ✓ Utilice una llave Allen de 3/16" para ajustar la presión deseada en la válvula limitadora de presión.
  - ✓ Para mayor precisión, use la geometría de la llave Allen para dar cuartos de vuelta o medias vueltas al realizar el ajuste.
  - ✓ Inicie el ajuste desde la presión mínima, es decir, con la válvula completamente abierta (a 50 psi). Cada vuelta del tornillo de ajuste incrementa la presión de apertura en 25 psi.
  - ✓ Cierre la válvula de bola en el bypass.
  - ✓ Ajuste la válvula de control de flujo en los niveles que se indican las tablas de resultados, empezando por el color rojo.

- j) Active la electroválvula 4/3 con el interruptor 1 de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición ON, energizando así el puerto A de dicha electroválvula. Mida los tiempos de extensión del cilindro 1 (alimentación y sujeción) y cilindro 2 (estampado), uno después del otro.
- k) Libere la electroválvula 4/3 con el mismo interruptor de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición OFF.
- l) Con el interruptor 2 de la fuente de corriente directa, opere la electroválvula 4/3 llevando dicho interruptor a la posición ON, presurizado el puerto B. Mida los tiempos de retracción de los cilindros 2 y 1, en ese orden. Verifique si se cumple la secuencia, en el caso de que no se cumpla, no mida el tiempo, solo documéntelo en las tablas 1 y 2 GL6.
- m) Libere la electroválvula 4/3 con el mismo interruptor de la fuente de corriente directa llevándolo a la posición OFF.
- n) Repita desde el literal j) hasta m) para los niveles de regulación de caudal azul, naranja, verde y plata.
- o) Repita desde el literal h) hasta el m) para las siguientes presiones y complete la siguiente tabla.

Tabla 45. Tiempos de extensión y retracción cilindro 1 (alimentador) GL6

Ajuste en válvulas reguladoras de presión (psi)	Movimiento	Tiempo según regulación de caudal (s)				
		Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado
50 (0 vueltas)	Extensión					
100 (2 vueltas)						
125 (3 vueltas)						
50 (0 vueltas)	Retracción					
100 (2 vueltas)						
125 (3 vueltas)						

Tabla 46. Tiempos de extensión y retracción del cilindro 2 (estampador) GL6

Ajuste en válvulas reguladoras de presión (psi)	Movimiento	Tiempo según regulación de caudal (s)				
		Rojo	Azul	Naranja	Verde	Plateado
50 (0 vueltas)	Extensión					
100 (2 vueltas)						
125 (3 vueltas)						
50 (0 vueltas)	Retracción					
100 (2 vueltas)						
125 (3 vueltas)						

NOTA: Si la secuencia no se cumple ya sea en la extensión o retracción, no mida el tiempo, solo documéntelo en la tabla con una "X" en las celdas correspondientes.

p) Apague la unidad de poder siguiendo los pasos explicados en el apartado 5.3.



q) Limpie los componentes utilizados y almacénelos como se explica en el apartado 5.4.

## 7. Preguntas

1. ¿A qué presión de ajuste de las válvulas limitadoras de presión la secuencia en extensión y retracción se cumple para todos niveles de control de caudal?
2. ¿Por qué el cilindro 2 (estampador) se comienza a mover solo después de que el cilindro 1 (alimentador) llega a su posición final? Explique usando el diagrama hidráulico del circuito.
3. ¿Cuál es el objetivo de las válvulas limitadoras de presión en este circuito?
4. ¿Funcionaría este circuito sin las válvulas antirretorno? Explique
5. En caso de que la bomba nos brindara una presión de 1500 psi y la válvula de alivio fallara, ¿Cuáles serían los primeros componentes en fallar?
6. Modifique el circuito de tal manera que al activar el puerto B de la electroválvula, el cilindro 1 sea el primero en retraerse y luego sea el cilindro 2, dibuje el diagrama hidráulico.

## ANEXO 2: AMEF

Tabla 47. Análisis de modos y efectos de falla de los componentes de la unidad de poder

AMEF EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA					UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					
	<b>Elaborado por:</b>	TG Equipo de Oleohidráulica		<b>Revisado por:</b>	Ing. Miguel Tomás Amaya					
	<b>Maquina:</b>	Equipo de Oleohidráulica		<b>Aprobado por:</b>	Ing. Miguel Tomás Amaya					
	<b>Sistema:</b>	Unidad de poder		<b>Fecha de elaboración:</b>	7/3/2025					
	<b>N° Pagina</b>	1		<b>Fecha de revisión:</b>	25/3/2025					
			<b>De:</b>	4						
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO	EFECTO DE FALLO	G	F	D	IPR	RECOMENDACIÓN
<b>Bomba Hidráulica de engranajes externos</b>	Transferir fluido hidráulico a alta presión mediante engranajes rotativos.	A	Transferencia de bajo caudal o flujo hidráulico reducido.	Desgaste de los dientes de los engranajes de la bomba	Disminución de la eficiencia del sistema hidráulico.	8	5	5	200	Monitoreo de desgaste por medio de mantenimiento preventivo e implementar lubricación adecuada.
		B	Pérdida de presión en el sistema.	Holguras excesivas entre los engranajes y la carcasa	Baja eficiencia y sobrecarga del sistema hidráulico.	9	4	6	216	Control de tolerancias de fabricación durante mantenimiento preventivo del interior de la bomba.

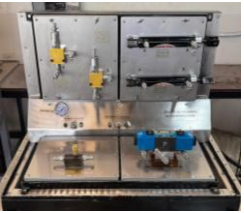

		C	Vibraciones y ruido excesivo.	Desalineación del eje de la bomba.	Daño prematuro del sello retenedor del eje y componentes internos.	8	5	6	240	Verificar alineación entre el eje de la bomba y el eje del motor eléctrico durante mantenimientos y ajustar si es necesario.
		D	Fallo total de la bomba de engranajes externos.	Rotura de elementos internos del componente	Paralización completa del sistema.	10	2	3	60	Reemplazo del componente.
<b>Motor Eléctrico</b>	Generar movimiento.	A	Perdida de una fase.	El motor no arranca.	Fallo en el arranque del motor.	8	10	5	400	Revisión anual, en funcionamiento.
			Devanado abierto o quemado.							
		B	Deformaciones en la simetría del eje	Transmite el movimiento rotacional de manera desbalanceada.	Genera fricción en los cojinetes elevando la temperatura de estos.	8	10	3	240	Revisión anual, sin funcionamiento.
		C	Gira a velocidad incorrecta.	Velocidad incorrecta.	Velocidad inadecuada del motor.	7	5	6	210	Revisión semestral, en funcionamiento.
		D	Baleros en mal estado.	Vibración en el motor.	Ruido inusual durante el funcionamiento.	8	10	3	240	Revisión semestral, en funcionamiento.
		E	Rotor bloqueado.	El motor se protege por sobre corriente.	Motor se apaga sin razón.	7	5	6	210	Revisión semestral, en funcionamiento.

			Voltaje de alimentación menor al de la placa.							
		F	Sobrecalentamiento en el motor.	Conexiones internas erróneas.	Se recalienta el motor.	8	3	3	72	Revisión anual, en funcionamiento.
<b>Filtro de Aceite Hidráulico</b>	Retener partículas contaminantes del aceite hidráulico.	A	Reducción de eficiencia del filtrado.	Saturación del elemento filtrado.	Acumulación de partículas en el aceite provocando mayor desgaste en el sistema.	7	5	6	210	Limpieza externa e interna o reemplazo del filtro de aceite en cada ciclo de mantenimiento preventivo.
		B	Obstrucción parcial o total del flujo	Colapso interno del filtro.	Reducción de presión y flujo, causando el riesgo de parada del sistema.	9	2	5	90	Inspección visual periódica del filtro de aceite, además, monitoréo de caída de presión.

<b>Válvula de Alivio</b>	Liberar automáticamente la presión excesiva para proteger el sistema y sus componentes	A	Incapacidad para regular la presión correctamente.	Desgaste en el hexágono o en la rosca del tornillo de ajuste.	El tornillo no se puede ajustar a lo largo de todo su recorrido o en una sección del mismo.	8	5	1	40	Realizar inspecciones visuales periódicamente para monitorear el desgaste del tornillo de ajuste, asegurándose de que el equipo esté apagado.
		B	Irregularidad en la presión del sistema hidráulico.	Atascamiento del obturador en la válvula piloto.	Regulación inadecuada de la presión, causando caídas, sobrepresión y daños en el sistema.	8	1	1	8	Monitorear que la presión del sistema se mantenga entre 120 y 150 psi. Si hay picos o excede este rango, ajustar la válvula y, si persiste, inspeccionar los componentes internos.
<b>Tanque de Aceite Hidráulico</b>	Almacenar y suministrar aceite hidráulico al sistema en las condiciones adecuadas	A	Pérdida de aceite hidráulico.	Grietas o fisuras en la estructura.	Pérdida de aceite y entrada de aire al sistema.	7	5	5	175	Revisión periódica del nivel de aceite del tanque.
		B	No mantiene el aceite libre de contaminación.	Acumulación de residuos y partículas.	Contaminación del aceite y desgaste	7	6	6	252	Filtrado y limpieza periódica del tanque.

					premature de componentes.					
	Soportar la bomba y el motor	A	No proporciona estabilidad ni soporte adecuado.	Deformación o fisuras en la tapadera o el resto de la estructura del tanque	Desalineación del motor y la bomba, generando vibraciones excesivas y desgaste prematuro.	9	5	6	270	Retirar la tapadera del tanque periódicamente para revisar la existencia de contaminantes en el aceite.
<b>Aceite Hidráulico</b>	Transmitir potencia al sistema	A	No transmite potencia de manera eficiente.	Pérdida de viscosidad debido a degradación térmica.	Disminución de la presión suministrada al sistema.	8	4	8	256	Control de temperatura del aceite y cambio periódico.
	Lubricación y refrigeración del sistema.	A	Pérdida de capacidad de lubricación.	Contaminación por partículas o humedad.	Aumento del desgaste en la bomba y válvulas.	9	7	7	441	Realizar análisis de aceite periódicos y cambios de aceite según el programa de mantenimiento.
<b>Acople mecánico</b>	transmisión de movimiento entre bomba y motor	A	No transmite movimiento continuo,	Desalineación entre la bomba y el motor	Desgaste de cuña, cuñero y/o prisiones desapretadas.	8	8	4	256	Realizar inspección de cuñas y cuñeros cada mes y aprete de prisiones trimestral
				Expansión/contracción térmica.	exposición a temperaturas demasiado altas por tiempo prolongado.	6	2	7	84	revisión de ajuste de acople mensualmente.

Tabla 48. Análisis de modos y efectos de falla de los componentes de los módulos del equipo


AMEF EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA					UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					
	<b>Elaborado por:</b>	TG Equipo de Oleohidráulica		<b>Revisado por:</b>	Ing. Miguel Tomás Amaya					
	<b>Maquina:</b>	Equipo de Oleohidráulica		<b>Aprobado por:</b>	Ing. Miguel Tomás Amaya					
	<b>Sistema:</b>	Módulos del equipo		<b>Fecha de elaboración:</b>	7/3/2025					
	<b>N° Pagina</b>	2		<b>Fecha de revisión:</b>	25/3/2025					
				<b>De:</b>	4					
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO	EFECTO DE FALLO	G	F	D	IPR	RECOMENDACIÓN
<b>Válvula limitadora de presión</b>	Establece la presión a la cual se activan los actuadores.	A	Incapacidad para regular la presión correctamente.	Desgaste en el hexágono o en la rosca del tornillo de ajuste.	El tornillo no se puede ajustar a lo largo de todo su recorrido o en una sección del mismo.	8	5	1	40	Realizar inspecciones visuales periódicamente para monitorear el desgaste del tornillo de ajuste, asegurándose de que el equipo esté apagado.
		B	Irregularidad en la presión secundaria que controla la válvula.	Atascamiento del obturador en la válvula.	Regulación inadecuada de la presión, causando caídas, sobrepresión y daños en el sistema.	8	1	1	8	Monitorear que la presión de ajuste se mantenga entre 50 y 150 psi. Si hay picos o excede este rango, ajustar la válvula y, si persiste, inspeccionar los componentes internos.

<b>Bloques Manifold</b>	Proporciona un soporte estructural robusto y una interfaz estandar para la instalación de las válvulas limitadoras de presión	A	Fugas de aceite hidráulico en las conexiones roscadas.	Desgaste o deformación en las zonas roscadas.	Reducción de eficiencia del sistema e incapacidad de una conexión segura.	8	5	4	160	Inspección y limpieza de las zonas roscadas antes del montaje.
		B	Falla mecánica del bloque manifold.	Desgaste o fatiga del material por ciclos de presión repetitivos.	Pérdida total de funcionabilidad y riesgo de averías en el sistema.	10	3	4	120	Reemplazo del componente.
<b>Cilindro de doble efecto</b>	Realizar movimiento lineal.	A	No se mueve.	Pérdida de presión hidráulica.	Fallo en la capacidad de moverse.	6	5	3	90	Revisión semestral, en funcionamiento.
		B	Se atasca.	Atasco del émbolo o vástago.	Incapacidad para moverse o movimiento interrumpido.	6	5	3	90	Revisión trimestral, en funcionamiento.
		C	Fugas de fluido.	Fugas en las juntas o sellos.	Pérdida de fluido hidráulico.	7	5	6	210	Revisión trimestral, en funcionamiento.
		D	Pérdida de sincronización.	Fallo en la válvula de control.	Movimiento descoordinado en cilindros múltiples.	7	5	6	210	Revisión semestral, en funcionamiento.
<b>Válvula reguladora de flujo</b>	Regula el caudal que entra al sistema.	A	No es posible controlar el flujo.	El tornillo de ajuste tiene desgase en los hilos.	No es posible regular el caudal que ingresa a los demás componentes.	5	1	1	10	Controlar el desempeño de la válvula, monitoreando la velocidad de los cilindros hidráulicos.
El asiento de la válvula antirretorno interna presenta desgaste.										

<b>Válvula antirretorno</b>	Permite el flujo en una sola dirección.	A	Permite la circulación del fluido de retorno.	El asiento de la válvula antirretorno presenta desgaste.	permite el paso del flujo en ambas direcciones.	5	1	3	15	Realizar circuitos hidráulicos de bloqueo, asegurando que el fluido salga por la válvula de alivio y no por la de antirretorno.
<b>Electroválvula 4/3</b>	Controlar la dirección del flujo hidráulico en el sistema.	A	No cambia de posición o presenta bloqueos.	Carrete (Spool) atascado por contaminación o desgaste.	Pérdida de control sobre el actuador, movimientos erráticos o nulos.	9	5	6	270	Filtrado del aceite, limpieza y mantenimiento preventivo de la válvula.
		B	Fugas de aceite en los extremos de la válvula.	Desgaste en los sellos internos.	Reducción de presión en el sistema, posibles fallas en el actuador.	7	7	5	245	Realizar pruebas de funcionamiento regulares para verificar que el carrete de la electroválvula se mueva libremente.
		C	No activa correctamente el cambio de dirección.	Fallo en los solenoides o baja alimentación eléctrica.	Respuesta tardía o nula del actuador hidráulico.	7	6	5	210	Realizar pruebas de funcionamiento regulares para verificar que el carrete de la electroválvula se mueva libremente.
<b>Placa de conexión</b>	Conectar y dirigir el flujo hidráulico entre la electroválvula 4/3 y el circuito	A	Fuga del flujo hidráulico.	Deterioro de cinta selladora en conexiones roscadas.	Pérdida de presión en el sistema y contaminación del entorno.	6	6	3	108	Inspección regular de las conexiones roscadas, reemplazando cinta selladora cuando sea necesario.

		B	Obstrucción del flujo hidráulico.	Residuos o partículas en los canales internos de dirección de flujo.	Reducción en la eficiencia del sistema y operación irregular.	7	3	6	126	Realizar limpieza e inspección de canales de flujo.
		C	Fallo en la conexión con la electroválvula.	Alineación incorrecta o tornillos de sujeción flojos.	Mal funcionamiento de la electroválvula y pérdida de flujo hidráulico.	9	2	1	18	Revisión periódica de los tornillos de sujeción y de la alineación de la electroválvula en la placa de conexión.



Tabla 49. Análisis de modos y efectos de falla de los accesorios hidráulicos

AMEF EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA					UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					
	<b>Elaborado por:</b>	TG Equipo de Oleohidráulica		<b>Revisado por:</b>	Ing. Miguel Tomás Amaya					
	<b>Maquina:</b>	Equipo de Oleohidráulica		<b>Aprobado por:</b>	Ing. Miguel Tomás Amaya					
				<b>Fecha de elaboración:</b>	7/3/2025					
	<b>Sistema:</b>	Accesorios hidráulicos		<b>Fecha de revisión:</b>	14/3/2025					
<b>N° Pagina</b>	3		<b>De:</b>	4						
<b>COMPONENTE</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>FALLO FUNCIONAL</b>		<b>MODO DE FALLO</b>	<b>EFECTO DE FALLO</b>	<b>G</b>	<b>F</b>	<b>D</b>	<b>IPR</b>	<b>RECOMENDACIÓN</b>
<b>Mangueras hidráulicas</b>	Transportar el aceite hidráulico entre los componentes del sistema.	A	No transportan el fluido de manera eficiente.	Obstrucción en la red.	Restricción en el flujo de aceite, sobrecarga en la bomba.	8	6	5	240	Limpieza del sistema y filtrado del aceite.

				Rotura de manguera.	Pérdida de aceite y reducción de la presión del sistema.	9	2	4	72	Inspección visual periódica y reemplazo en caso de desgaste.
<b>Accesorios de interconexión</b>	Conducir el flujo de aceite hidráulico entre los componentes.	A	Fugas en conexiones roscadas entre accesorios.	Conexiones mal ajustadas y deterioro de cinta selladora.	Fugas, pérdida gradual de presión y posible contaminación del entorno de trabajo.	5	7	3	105	Verificación y ajuste de todas las conexiones roscadas antes de cada operación.
		B	Desgaste o deformación en las zonas roscadas internas o externas.	Hilos de las roscas dañados por apriete inadecuado a la hora de roscar accesorios y/o componentes.	Incapacidad de conexión entre accesorios de interconexión o componentes	8	3	5	120	Inspección visual periódica y reemplazo en caso de desgaste o deformación.
<b>Acoples rápidos</b>	Permitir la conexión y desconexión de líneas hidráulicas.	A	No permiten una conexión segura.	Desgaste en las roscas o acoples.	Dificultad para realizar conexiones.	7	5	2	70	Reemplazo de sellos periódicamente y revisión visual.
	Prevenir fugas de fluido.	A	No sellan correctamente, permitiendo fugas.	Desgaste o daño en los sellos.	Fugas de aceite y reducción de presión del sistema.	8	5	3	120	Lubricación de roscas y reemplazo de acoples dañados.

<b>Manómetros</b>	Medir y mostrar la presión del circuito hidráulico.	A	Lectura incorrecta de la presión.	Descalibración del mecanismo interno	Indicaciones erróneas que pueden provocar ajustes inapropiados en el sistema.	8	3	4	96	Reemplazo de manómetro en caso de que no se tenga un equipo de referencia certificado para calibrarlo.
		B	Lectura inexacta o fluctuante de presión.	Picos de presión excesivos.	Oscilación de la aguja que impide una lectura estable.	6	6	2	72	Instalación de amortiguador de pulsaciones o regulador de presión.

Tabla 50. Análisis de modos y efectos de falla del resto del equipo

AMEF EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA					UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					
	<b>Elaborado por:</b>	TG Equipo de Oleohidráulica		<b>Revisado por:</b>	Ing. Miguel Tomás Amaya					
	<b>Maquina:</b>	Equipo de Oleohidráulica		<b>Aprobado por:</b>	Ing. Miguel Tomás Amaya					
				<b>Fecha de elaboración:</b>	7/3/2025					
	<b>Sistema:</b>	Resto del equipo		<b>Fecha de revisión:</b>	14/3/2025					
<b>N° Pagina</b>	4		<b>De:</b>	4						
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL		MODO DE FALLO	EFEECTO DE FALLO	G	F	D	IPR	RECOMENDACIÓN
<b>Estructura metálica</b>	Soportar y almacenar los módulos de oleohidráulica.	A	No proporciona la resistencia estructural necesaria.	Corrosión en la estructura.	Riesgo de colapso parcial o total del equipo.	9	2	5	90	Revisión semestralmente, sin funcionamiento.

	Abrir y cerrar compartimientos.	A		Corrosión en cerradura y/o rieles.	No se puede abrir el compartimento para poder extraer los componentes y tampoco se pueden almacenar.	5	4	3	60	Lubricación y limpieza de las cerraduras y los rieles de manera periódica
<b>Fuente de corriente directa</b>	Entrega la energía a un voltaje determinado a la electroválvula 4/3.	A	No entrega potencia a la electroválvula.	Daño en las conexiones: cables, interruptores o conectores DIN.	La electroválvula direccional no puede ser accionada.	5	2	1	10	Medir trimestralmente el voltaje de salida, asegurando que sea de 24 V para la electroválvula 4/3.
				Activación del sistema de protección.						

### ANEXO 3: Checklist de inspecciones del equipo de oleohidráulica

Tabla 51. Checklist de inspección de la bomba hidráulica

		N° OT:	01		
Técnico:	René Alfonso Galdámez León		Fecha:	09/08/24	
Datos de la máquina					
Marca:	EATON	Modelo:	26005 RZE	N° Componente:	01
Nombre: Bomba de engranajes externos					
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:	X	
Descripción de actividades					
<b>Inspección visual</b>					
Suciedad o acumulación de residuos en la superficie	<b>Suciedad</b> Sí: X No:		<b>Residuos</b> Sí: X No:		
Signo de daños externos	<b>Abolladura</b> Sí: X No:		<b>Grietas</b> Sí: X No:		
			<b>Corrosión</b> Sí: X No:		
Estado de soportes de sujeción	<b>Faltante</b> Sí: No: X		<b>Daño</b> Sí: No: X		
Signos de fugas en los sellos y juntas alrededor del eje	<b>Sellos</b> Sí: X No:		<b>Juntas</b> Sí: No: X		
Estado de los acoplamientos	<b>Bien sujetado</b> Sí: X No:		<b>Daño</b> Sí: No: X		
Estado del eje	<b>Alineado</b> Sí: X No:		<b>Resistencia a 36 lb.in</b> Sí: X No:		
Comentarios:					
<p>-En la entrada del eje se presenta pequeñas abolladuras provocadas por el acople motor/bomba.</p> <p>-El retenedor del eje presenta microfugas.</p> <p>-El estriado del eje no presenta daños y está alineado.</p> <p>-Existe resistencia al torque menor o igual a 36 lb-in, presentando una respuesta prematura que internamente está en buen estado.</p>					
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:					
<b>Herramientas:</b> -Cepillo de alambre de acero/latón -Toallas absorbentes -Lupa -Lampara -Franela industrial -Cámara			<b>Equipo de protección:</b> -Guantes de protección -Casco -Botas industriales -Gafas de protección		

Tabla 52. Checklist de inspección del motor eléctrico

		N° OT:	1			
Técnico:	Gloria Stephani Portillo Ramos		Fecha:	26/07/2024		
<b>Datos de la máquina</b>						
Marca:	Marathon electric	Modelo:	EWK 58T11O15509A	N° Componente:	2	
Nombre:	Motor eléctrico trifásico, 1.5 hp, CA.					
Tipo de actividad	Rutinaria:		Mantenimiento:		Diagnóstico:	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Descripción de actividades</b>						
<b>Inspección visual</b>						
Estado de soportes de sujeción (tornillos, pernos y tuercas)	<b>Faltante</b> Sí:    No: <input checked="" type="checkbox"/>		<b>Daño</b> Sí:    No: <input checked="" type="checkbox"/>			
Signo de daños externos (abolladura)	<b>Daño</b> Sí: <input checked="" type="checkbox"/> No:					
Signo de oxido en superficie	<b>Daño</b> Sí: <input checked="" type="checkbox"/> No:					
Conexiones sueltas	Sí:    No: <input checked="" type="checkbox"/>					
Deterioro en las partes aislantes	<b>Daño</b> Sí: <input checked="" type="checkbox"/> No:					
Alineación de eje	<b>Alineado</b> Sí:    No: <input checked="" type="checkbox"/>					
Presencia de vibración o ruido anormal	<b>Vibración</b> Sí:    No: <input checked="" type="checkbox"/>		<b>Ruido</b> Sí:    No: <input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Comentarios:</b>						
-Se encontró dobles en las aletas del ventilador del rotor. -En el eje y el rotor presentan oxido. -Se logra observar parte del embobinado quemado. -No estaba acoplado el motor a la bomba por falta de acople.						
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>						
<b>Herramientas:</b> -Destornillador -Llave fija <b>Equipo de protección:</b> -Casco de seguridad -Zapato de protección con cubo/dieléctrico -Gafas de seguridad						

Tabla 53. Checklist Medición de parámetros motor eléctrico



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIAGNOSTICO Y REPARACIÓN DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA  
DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

		N° OT:	2		
Técnico:	Gloria Stephani Portillo Ramos		Fecha:	09/08/2024	
Datos de la máquina					
Marca:	Marathon electric	Modelo:	EWK 58T11O15509A	N° Componente:	2
Nombre:				Motor eléctrico trifásico, 1.5 hp, CA.	
Tipo de actividad		Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico: <b>x</b>	
Descripción de actividades					
<b>Medición entre resistencias</b>					
Medición de resistencia:	Azul-Rojo	<u>3.3Ω</u>			
Medición de resistencia:	Azul-Café	<u>3.3Ω</u>			
Medición de resistencia:	Rojo-Café	<u>2.6Ω</u>			
Comentarios:					
-Diferencia del valor de una de las tres resistencias (Rojo-Café). -En todas las mediciones se presentó continuidad entre las resistencias.					
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:					
<b>Herramientas:</b> -Multímetro digital 400a 600vac/dc KLEIN TOOLS -Destornillador <b>Equipo de protección:</b> -Casco de seguridad -Zapato de protección con cubo/dieléctrico -Gafas de seguridad					

Tabla 54. Checklist medición de parámetros motor eléctrico



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DIAGNOSTICO Y REPARACIÓN DEL EQUIPO DE OLEOHIDRÁULICA  
 DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Técnico:	Gloria Stephani Portillo Ramos			N° OT:	3
Datos de la máquina				Fecha:	09/08/2024
Marca:	Marathon electric	Modelo:	EWK 56T11O15509A	N° Componente:	2
Nombre: Motor eléctrico trifásico, 1.5 hp, CA.					
Tipo de actividad		Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:	<b>x</b>
Descripción de actividades					
<b>Medición entre resistencias a tierra</b>					
Medición de resistencia:	Azul-Tierra	<u>2.4Ω</u>			
Medición de resistencia:	Café-Tierra	<u>1.3Ω</u>			
Medición de resistencia:	Rojo-Tierra	<u>0.0Ω</u>			
Comentarios:					
-Bobina de resistencia azul y café marcan valor de resistencia. -En todas las mediciones no existe continuidad entre las resistencias y tierra.					
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:					
<b>Herramientas:</b> -Multímetro digital 400a 600vac/dc KLEIN TOOLS -Destornillador <b>Equipo de protección:</b> -Casco de seguridad -Zapato de protección con cubo/dieléctrico -Gafas de seguridad					

Tabla 55. Checklist de inspección del tanque de aceite hidráulico

Técnico:	<b>Luis Mario Melgar Maradiaga</b>			N° OT:	
				Fecha:	09/08/2024
<b>Datos de la máquina</b>					
Marca:	<b>N/A</b>		Modelo:	<b>N/A</b>	
Nombre:			<b>TANQUE DE ACEITE</b>		
Tipo de actividad		Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:	<b>X</b>
<b>Descripción de actividades</b>					
<b><i>Inspección visual</i></b>					
El nivel de aceite es visible y adecuado según el visor de nivel.	Si:	<b>X</b>	No:	No Aplica:	
Hay signos de fugas de aceite alrededor del tanque.	Si:	<b>X</b>	No:	No Aplica:	
El filtro de llenado y aireador está en buen estado y funcional.	Si:	<b>X</b>	No:	No Aplica:	
El visor de nivel máximo y mínimo está visible.	Si:	<b>X</b>	No:	No Aplica:	
La placa separadora retorno-aspiración está correctamente instalada y en buen estado.	Si:	<b>X</b>	No:	No Aplica:	
Las soldaduras del tanque están libres de grietas o defectos visibles.	Si:		No:	<b>X</b>	No Aplica:
La estructura del tanque está libre de deformaciones o daños.	Si:		No:	<b>X</b>	No Aplica:
El aceite hidráulico pasa la prueba de acidez	Si:	<b>X</b>	No:	No Aplica:	
<b>Comentarios:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El interior del tanque dentro del aceite se evidencia partícula metálicas.</li> <li>• Existe ciertas fugas en las patas del tanque.</li> </ul>					
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linterna</li> <li>• Guantes</li> <li>• Recipiente para realizar el trasiego de aceite</li> </ul>					

Tabla 56. Checklist de Inspección del filtro de aceite hidráulico

		N° OT:	02			
Técnico:	René Alfonso Galdámez León		Fecha:	16/08/2024		
<b>Datos de la máquina</b>						
Marca:	STAUFF	Modelo:	068-N16F-140	N° Componente:	05	
Nombre:	Filtro de aceite hidráulico					
Tipo de actividad	Rutinaria:		Mantenimiento:		Diagnóstico:	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Descripción de actividades</b>						
<b><u>Inspección visual</u></b>						
Suciedad o acumulación de residuos en la superficie	<b>Suciedad</b>		<b>Residuos</b>			
	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si: <input checked="" type="checkbox"/>	No:		
Signo de daños externos	<b>Abolladura</b>		<b>Grietas</b>		<b>Deformación</b>	
	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si: <input checked="" type="checkbox"/>	No:
Signo de daños externos	<b>Corrosión</b>		<b>Decoloración</b>			
	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>		
Estado de las conexiones roscadas	<b>Daño</b>		<b>Abolladura</b>		<b>Desgaste</b>	
	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>
Signos de fugas en los sellos	<b>Daño</b>		<b>Fuga</b>			
	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>		
Estado de las juntas	<b>Daño</b>		<b>Desgaste</b>		<b>Fugas</b>	
	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si:	No: <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Comentarios:</b>						
<p>-El filtro presenta pequeñas deformaciones en su cuerpo.          -El pegamento con el cual se une la parte superior e inferior del filtro está expuesto pero no presenta ningún inconveniente en su desempeño.</p>						
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>						
<b>Herramientas:</b>			<b>Equipo de protección personal:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Toallas absorbentes</li> <li>-Lampara</li> <li>-Lupa</li> <li>-Franela industrial</li> <li>-Cámara</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>-Guantes de protección</li> <li>-Casco</li> <li>-Botas industriales</li> <li>-Gafas de protección</li> </ul>			

Tabla 57. Checklist de inspección de la estructura metálica

		N° OT:	01	
Técnico:	Oscar Miguel Lara Zelaya		Fecha:	30/08/2024
Datos de la máquina				
Marca:		Modelo:	N° Componente:	06
Nombre:	Estructura metálica			
Tipo de actividad	Rutinaria:		Mantenimiento:	Diagnóstico: <b>X</b>
Descripción de actividades				
<b><i>Inspección visual</i></b>				
	<b><i>Desajuste</i></b>		<b><i>Daño</i></b>	
Estado de las uniones (Tornillos y soldaduras)	<i>Si:</i>	<i>No: X</i>	<i>Si:</i>	<i>No: X</i>
	<b><i>Oxidación</i></b>			
Signo de oxidación superficial	<i>Si:</i>	<i>No: X</i>		
	<b><i>Fuga</i></b>			
Fuga de aceite (Manifolds)	<i>Si:</i>	<i>No: X</i>		
	<b><i>Daño</i></b>			
Estado de las ruedas (Ruedas de desplazamiento)	<i>Si:</i>	<i>No: X</i>		
	<b><i>Daño</i></b>			
Estado de las cerraduras (Gaveta)	<i>Si: X</i>	<i>No:</i>		
	<b><i>Daño</i></b>			
Estado de los rodamientos (Gaveta)	<i>Si:</i>	<i>No: X</i>		
Comentarios:				
<p>-Las ruedas necesitan limpieza para eliminar elementos que causan interferencia con el movimiento.</p> <p>-Solo dos de las cinco gavetas cuentan con cerraduras funcionales.</p>				
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:				
<b>Herramientas:</b>		<b>Equipo de protección:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Destornillador tipo philips</li> <li>-Cámara</li> <li>-Linterna</li> <li>-Lupa de mano</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Guantes de protección</li> <li>-Casco</li> <li>-Botas industriales</li> <li>-Gafas de protección</li> </ul>		

Tabla 58. Checklist de inspección de válvulas de control de presión RV3-10

				N° OT:	01
Técnico:	Oscar Miguel Lara Zelaya			Fecha:	30/08/2024
Datos del componente					
Marca:	Eaton Vickers	Modelo:	RV3-10-S-03/	N° Componente:	07
Nombre:	Válvula limitadora de presión				
Tipo de actividad	Rutinaria:		Mantenimiento:		Diagnóstico: <b>X</b>
Descripción de actividades					
<b><u>Inspección visual</u></b>					
Signos de daños externos (abolladura)		<b>Daño</b> Si:      No: <b>X</b>			
Estado de partes internas (guía, obturador y resorte)		<b>Daño</b> Si:      No: <b>X</b>			
Estado de las uniones desmontables (pernos y tuercas)		<b>Daño</b> Si:      No: <b>X</b>		<b>Faltante</b> Si:      No: <b>X</b>	
Estado de las roscas de acople (válvulas, acoples)		<b>Daño</b> Si:      No: <b>X</b>		<b>Impurezas</b> Si:      No: <b>X</b>	
Signo de oxidación superficial		<b>Oxido</b> Si:      No: <b>X</b>			
Estado de los sellos de estanqueidad		<b>Daño</b> Si:      No: <b>X</b>			
Estado del tornillo de ajuste		<b>Daño</b> Si: <b>X</b> No:			
Comentarios:					
-Los sellos de estanqueidad, el cuerpo de la válvula y la rosca de acople se encuentran en excelentes condiciones. -El fresado del tornillo de ajuste en ambas válvulas RV3 presenta un desgaste total, lo que impide su ajuste normal.					
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:					
<b>Herramientas:</b> -Prensa de banco -llave fija de 1 in -llave fija de 3/4 in -llave allen de 3/16 in -Cepillo metálico -Destornillador plano de 2 mm -Cámara, linterna y lupa de mano			<b>Equipo de protección:</b> -Guantes de protección -Casco -Botas industriales -Gafas de protección		

Tabla 59. Checklist inspección de válvulas de alivio RV2-10

		N° OT:	02			
Técnico:	Oscar Miguel Lara Zelaya		Fecha:	30/08/2024		
Datos del componente						
Marca:	Eaton Vickers	Modelo:	RV2-10-S-35/	N° Componente:	07	
Nombre:	Válvula limitadora de presión					
Tipo de actividad	Rutinaria:		Mantenimiento:		Diagnóstico:	<b>X</b>
Descripción de actividades						
<b><u>Inspección visual</u></b>						
		<b>Daño</b>				
Signos de daños externos (abolladura)	Si:      No: <b>X</b>					
		<b>Daño</b>				
Estado de partes internas (obturador y resorte)	Si:      No: <b>X</b>					
		<b>Daño</b>		<b>Faltante</b>		
Estado de las uniones desmontables (pernos y tuercas)	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>		
		<b>Daño</b>		<b>Impurezas</b>		
Estado de la rosca de acople (válvula, acoples)	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>		
		<b>Oxido</b>				
Signo de oxidación superficial	Si:      No: <b>X</b>					
		<b>Daño</b>				
Estado de los sellos de estanqueidad	Si:      No: <b>X</b>					
		<b>Daño</b>				
Estado del tornillo de ajuste	Si: <b>X</b>	No:				
Comentarios:						
-Los sellos de estanqueidad, el cuerpo de la válvula y la rosca de acople se encuentran en excelentes condiciones. -El tornillo de ajuste de la válvula RV2-10 presenta un recorrido inferior al de las válvulas RV3-10.						
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:						
<b>Herramientas:</b> -Prensa de banco -Llave fija de 1 in -Llave fija de 3/4 in -Llave allen de 3/16 in -Cepillo metálico -Cámara, linterna y lupa de mano			<b>Equipo de protección:</b> -Guantes de protección -Casco -Botas industriales -Gafas de protección			

Tabla 60. Checklist inspección de válvulas de control de flujo

Técnico: Oscar Miguel Lara Zelaya		N° OT: 08
Fecha: 16/08/2024		
Datos del componente		
Marca: Deltrol	Modelo: EF20S	N° Componente:
Nombre: Válvula de control de flujo		
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento: Diagnóstico:
Descripción de actividades		
<b>Inspección visual</b>		
Signo de daños externos (abolladura, rayaduras)	<b>Daño</b> Si: <b>X</b> No:	
Signo de oxido en superficie	<b>Daño</b> Si: <b>X</b> No:	
Estado de roscas de acople (válvula, carcasa y acoples)	<b>Daño</b> Si: No: <b>X</b>	<b>Impurezas</b> Si: No: <b>X</b>
Conexiones sueltas	Si: No: <b>X</b>	
Estado del regulador	<b>Daño</b> Si: No: <b>X</b>	
Estado del obturador y del asiento	<b>Daño</b> Si: No: <b>X</b>	
Estado de los resortes	<b>Daño</b> Si: No: <b>X</b>	
Comentarios:		
<p>-La carcasa presenta leves rayaduras, acompañadas de pequeñas oxidaciones superficiales. Estos defectos no afectan el desempeño de la válvula.</p> <p>-El regulador tiene una movilidad suave y controlada, lo que indica que se encuentra en buen estado.</p> <p>-La válvula antirretorno, ubicada dentro de la válvula de flujo y compuesta por el asiento, obturador y resorte, se encuentra en buenas condiciones, sin daños superficiales ni obstrucciones que afecten su acople.</p>		
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:		
<b>Herramientas:</b> -Prensa de banco -Llaves fijas de 15 y 17 mm -Cepillo metálico -Barra metálica de 1mm de diámetro -Cámara, linterna y lupa de mano	<b>Equipo de protección:</b> -Guantes de protección -Casco -Botas industriales -Gafas de protección	

Tabla 61. Checklist inspección de válvulas antirretorno

		N° OT:	09		
Técnico:	Oscar Miguel Lara Zelaya		Fecha:	30/08/2024	
<b>Datos del componente</b>					
Marca:	Deltrol	Modelo:	EC20S	N° Componente:	
Nombre:	Válvula Antirretorno				
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:		
<b>Descripción de actividades</b>					
<b><i>Inspección visual</i></b>					
Estado de roscas de acople (válvula y acoples)	<b><i>Daño</i></b> Si: No: <b>X</b>	<b><i>Impurezas</i></b> Si: <b>X</b> No:			
Signo de daños externos (abolladura)	<b><i>Daño</i></b> Si: No: <b>X</b>				
Signo de oxido en superficie	<b><i>Oxidación</i></b> Si: No: <b>X</b>				
Conexiones sueltas	<b><i>Desacoples</i></b> Si: No: <b>X</b>				
Estado de los sellos de estanqueidad	<b><i>Daño</i></b> Si: No: <b>X</b>				
<b><i>Prueba del resorte</i></b>					
El resorte se comprime, sin más restricciones que la suya.	<b><i>Dificultades</i></b> Si: No: <b>X</b>				
<b>Comentarios:</b>					
<p>-El estado del asiento de la válvula se aprecia en buen estado, así como el obturador. Sin embargo, no se puede determinar el estado de los sellos de viton debido a que la válvula es sellada.</p> <p>-Al finalizar la inspección, se vuelven a acoplar los adaptadores macho-macho y los acoples rápidos, y se coloca nuevamente cinta selladora.</p>					
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>					
<b>Herramientas:</b> -Prensa de banco -Llaves fijas de 15 y 17 mm -Cepillo metálico -Barra metálica de 1mm de diámetro -Cámara, linterna y lupa de mano		<b>Equipo de protección:</b> -Guantes de protección -Casco -Botas industriales -Gafas de protección			

Tabla 62. Checklist inspección de cilindros hidráulicos de doble efecto

		N° OT:	1		
Técnico:	Gloria Stephani Portillo Ramos		Fecha:	06/09/2024	
Datos de la máquina					
Marca:	Surplus center	Modelo:	9-1649-06	N° Componente:	9
Nombre:	Cilindro hidráulico de doble efecto				
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:	<input checked="" type="checkbox"/>	
Descripción de actividades					
<b><u>Inspección visual</u></b>					
	<b>Faltante</b>	<b>Daño</b>			
Estado de soportes de sujeción (tornillos, pernos y tuercas)	Si: No: <input checked="" type="checkbox"/>	Si: No: <input checked="" type="checkbox"/>			
	<b>Daño</b>				
Signo de daños externos (abolladura)	Si: No: <input checked="" type="checkbox"/>				
	<b>Daño</b>				
Signo de oxido en superficie	Si: No: <input checked="" type="checkbox"/>				
		<b>Fugas</b>			
Signos por fuga de aceite en justas y sellos		Si: No: <input checked="" type="checkbox"/>			
		<b>Daño</b>			
Deterioro en las partes de alimentación de fluido		Si: No: <input checked="" type="checkbox"/>			
		<b>Condición óptima</b>			
Estado de apertura y retracción de vástago		Si: <input checked="" type="checkbox"/> No:			
		<b>Daño</b>			
Verificación de daños mecánicos en vástago		Si: No: <input checked="" type="checkbox"/>			
Comentarios:					
-Ambos cilindros hidráulicos se retraen de forma óptima.					
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:					
<b>Herramientas:</b>					
-Mangueras hidráulicas					
<b>Equipo de protección:</b>					
-Casco de seguridad					
-Zapato de protección con cubo/dieléctrico					
-Gafas de seguridad					

Tabla 63. Checklist inspección de electroválvula 4/3 con centro tándem

Técnico: <b>Luis Mario Melgar Maradiaga</b>		N° OT:		
Fecha: <b>30/08/2024</b>				
Datos de la máquina				
Marca: <b>EATON</b>	Modelo: <b>DG4V</b>	N° Componente: <b>11</b>		
Nombre: <b>ELECTROVÁLVULA</b>				
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico: <b>X</b>	
Descripción de actividades				
<b>Inspección visual</b>				
¿La electroválvula muestra algún daño físico visible en la carcasa, conectores o cables?	Si:	No:	<b>X</b>	No Aplica:
¿Las conexiones eléctricas están firmes y sin signos de corrosión?	Si:	No:	<b>X</b>	No Aplica:
¿La alimentación eléctrica corresponde a las especificaciones (24V DC, 30 Watt)?	Si: <b>X</b>	No:		No Aplica:
<b>Pruebas en la bobina</b>				
¿El objeto ferromagnético (destornillador) se imanta correctamente al aplicar energía a la bobina?	Si: <b>X</b>	No:		No Aplica:
¿Los solenoides "A" y "B" se energizan correctamente sin fallos de activación?	Si: <b>X</b>	No:		No Aplica:
¿Las bobinas están operando correctamente sin señales de quemaduras o daños?	Si: <b>X</b>	No:		No Aplica:
Comentarios:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uno de los terminal muestra cierta inclinación, producto de algún golpe o mala manipulación al conectar la electroválvula a la fuente de poder.</li> </ul>				
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guantes</li> <li>• Multímetro</li> <li>• Destornillador imantado</li> </ul>				

Tabla 64. Checklist inspección de fuente de corriente directa

		N° OT:	12
Técnico:	Oscar Miguel Lara Zelaya	Fecha:	30/08/2024
<b>Datos de la máquina</b>			
Marca:	Techman	Modelo:	TPS - 2405
Nombre:		Fuente de corriente directa	
Tipo de actividad		Rutinaria:	Mantenimiento:
Descripción de actividades		Diagnóstico:	
<b>Inspección visual</b>			
Signo de daños externos (abolladura)		<b>Daño</b> Si: No: <b>X</b>	
Signo de oxido en superficie		<b>Daño</b> Si: No: <b>X</b>	
Conexiones sueltas		Si: <b>X</b> No:	
Estado del cableado (entrada y salida)		<b>Daño</b> Si: <b>X</b> No:	
Presencia ruido anormal		<b>Vibración</b> Si: No: <b>X</b>	
		<b>Ruido</b> Si: No: <b>X</b>	
Voltaje de salida		<b>Esperada</b> Si: <b>X</b> No:	
<b>Comentarios:</b>			
<p>-El equipo se encuentra en buenas condiciones y funciona correctamente, según las pruebas realizadas.</p> <p>-El cableado de salida incluía interruptores que facilitaban el funcionamiento de la electroválvula. Sin embargo, estos interruptores están dañados y es necesario reemplazarlos.</p>			
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>			
<b>Herramientas:</b> Multímetro Destornilladores Electroválvula Cámara, linterna y lupa de mano		<b>Equipo de protección personal:</b> -Guantes de protección -Casco -Botas industriales/dieléctricas -Gafas de protección	

Tabla 65. Checklist inspección de las mangueras hidráulicas

		N° OT:		
Técnico:		Fecha:	<b>30/08/2024</b>	
<b>Datos de la máquina</b>				
Marca:	COVALCA	Modelo:	N° Componente:	
Nombre:	MANGUERA HIDRÁULICA			
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:	x
Descripción de actividades				
<b><i>Inspección visual</i></b>				
¿La manguera muestra signos de desgaste, como grietas, cortes o abrasiones?	Si:	No:	X	No Aplica:
¿La cubierta de la manguera está en buen estado, sin daños visibles?	Si: X	No:	No Aplica:	
¿Hay signos de fugas de aceite en la manguera o en las conexiones?	Si:	No: X	No Aplica:	
¿Las conexiones están firmemente sujetos y sin signos de aflojamiento?	Si: X	No:	No Aplica:	
¿Las conexiones muestran signos de corrosión o daño?	Si:	No: X	No Aplica:	
¿El tubo de la manguera es muy duro y quebradizo?	Si:	No: X	No Aplica:	
¿La manguera está rayada interna y externamente?	Si:	No: X	No Aplica:	
Comentarios:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguna manguera queda floja al acoplarse a algún componente.</li> <li>• Ninguna manguera tiene signos de fugas de aceite a lo largo de toda su extensión, incluyendo los acoples.</li> </ul>				
Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lentes</li> <li>• Linterna</li> </ul>				

Tabla 66. Checklist inspección de placa de conexión para válvula direccional

		N° OT:	04
Técnico:	René Alfonso Galdámez León	Fecha:	30/08/2024
<b>Datos de la máquina</b>			
Marca:	DAMAN	Modelo:	AD03SPS4P
		N° Componente:	15
Nombre: Placa de conexión para válvula direccional (Placa base/Manifold)			
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico: <b>X</b>
Descripción de actividades			
<b><i>Inspección visual</i></b>			
	<b>Aceites</b>	<b>Suciedad</b>	<b>Residuos</b>
Suciedad o acumulación de residuos en la superficie	Si: <b>X</b> No:	Si: No: <b>X</b>	Si: No: <b>X</b>
	<b>Puntos de conexión</b>	<b>Roscas</b>	<b>Áreas de montaje</b>
Signo de daños externos	Si: No: <b>X</b>	Si: No: <b>X</b>	Si: No: <b>X</b>
	<b>Grietas</b>	<b>Imperfecciones</b>	
Signo de daños de superficies	Si: No: <b>X</b>	Si: <b>X</b> No:	
<b>Comentarios:</b>			
<p>-El componente presentaba acumulación de aceite en su interior, provocando que presente residuos de este.</p> <p>-En el exterior de la placa base existen rayaduras superficiales.</p> <p>-No presenta ningún daño externo ni daño interno.</p>			
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>			
<b>Herramientas:</b>		<b>Equipo de protección personal:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Toallas absorbentes</li> <li>-Lampara</li> <li>-Lupa</li> <li>-Franela industrial</li> <li>-Cámara</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Guantes de protección</li> <li>-Casco</li> <li>-Botas industriales</li> <li>-Gafas de protección</li> </ul>	

Tabla 67. Checklist inspección de bloque manifold

		N° OT:	03		
Técnico:	René Alfonso Galdámez León		Fecha:	23/08/2024	
<b>Datos de la máquina</b>					
Marca:	EATON Vickers	Modelo:	566201	N° Componente:	16
Nombre:	Carcasa para válvula de cartucho (Bloque Manifold)				
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:	<b>X</b>	
Descripción de actividades					
<b><i>Inspección visual</i></b>					
	<b>Suciedad</b>		<b>Residuos</b>		
Suciedad o acumulación de residuos en la superficie	Si: <b>X</b>	No:	Si: <b>X</b>	No:	
	Si:	No: <b>X</b>	Si: <b>X</b>	No:	
	Si:	No: <b>X</b>	Si: <b>X</b>	No:	
	<b>Abolladura</b>		<b>Grietas</b>	<b>Deformación</b>	
Signo de daños externos	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>	
	Si: <b>X</b>	No:	Si:	No: <b>X</b>	
	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>	
	<b>Corrosión</b>		<b>Decoloración</b>		
Signo de daños externos	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>	
	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>	
	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>	
	<b>Daño</b>		<b>Fugas</b>	<b>Desgaste</b>	
Estado de las conexiones	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>	
	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>	
	Si:	No: <b>X</b>	Si:	No: <b>X</b>	
<b>Comentarios:</b>					
<p>-Los tres bloques presentan acumulación de residuos debido al polvo y aceite que se ha adherido, sin embargo, el bloque 1 presenta mayor suciedad.</p> <p>-El bloque 2 presenta abolladuras por el uso inadecuado, pero estas abolladuras son superficiales y no presenta un daño significativo.</p> <p>-Una rosca interna del bloque 1 presenta desgaste por el mal acoplamiento con la válvula limitadora de presión. Pero, el filete no está completamente desgastado asegurando que exista una buena conexión.</p>					
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>					
<b>Herramientas:</b>			<b>Equipo de protección personal:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Toallas absorbentes</li> <li>-Cepillo de alambre de acero/latón</li> <li>-Lampara</li> <li>-Lupa</li> <li>-Franela industrial</li> <li>-Cámara</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>-Guantes de protección</li> <li>-Casco</li> <li>-Botas industriales</li> <li>-Gafas de protección</li> </ul>		

Tabla 68. Checklist inspección de accesorios de interconexión

		N° OT:	05	
Técnico:	René Alfonso Galdámez León		Fecha:	06/09/2024
<b>Datos de la máquina</b>				
Marca:		Modelo:	N° Componente:	17
Nombre:	Accesorios de interconexión			
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:	<b>X</b>
Descripción de actividades				
<b><i>Inspección visual</i></b>				
	<b>Suciedad</b>	<b>Residuos</b>	<b>Aceite</b>	
Suciedad o acumulación de residuos en la superficie	Si: <b>X</b> No:	Si: <b>X</b> No:	Si: <b>X</b> No:	
	<b>Grietas</b>	<b>Corrosión</b>	<b>Desgaste</b>	
Signo de daños de superficies	Si: No: <b>X</b>	Si: No: <b>X</b>	Si: No: <b>X</b>	
Signo de daños roscas, zonas de señado y áreas de conexión	Si: No: <b>X</b>			
<b>Comentarios:</b>				
-Todos los accesorios de interconexión presentan exceso de cinta teflón. -Algunos accesorios presentaban suciedad provocada por el aceite hidráulico y partículas de polvo				
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>				
<b>Herramientas:</b>		<b>Equipo de protección personal:</b>		
-Toallas absorbentes -Cepillo de alambre de acero/latón -Lampara -Lupa -Franela industrial -Cámara -Cuchilla		-Guantes de protección -Casco -Botas industriales -Gafas de protección		

Tabla 69. Checklist inspección de manómetros

		N° OT:		
Técnico:			Fecha:	30-08-2024
<b>Datos de la máquina</b>				
Marca:			Modelo:	N° Componente:
Nombre:	MANÓMETRO			
Tipo de actividad	Rutinaria:	Mantenimiento:	Diagnóstico:	X
Descripción de actividades				
<b><i>Inspección visual</i></b>				
¿La carátula de policarbonato está libre de daños, como grietas o arañazos?	Si:	X	No:	No Aplica:
¿El manómetro está instalado en posición vertical?	Si:	X	No:	No Aplica:
¿El acople está firmemente conectado sin signos de fugas?	Si:	X	No:	No Aplica:
¿El manómetro muestra algún signo de daño por presión excesiva o impacto?	Si:	X	No:	No Aplica:
<b><i>Prueba de rendimiento</i></b>				
¿El manómetro indica correctamente la presión?	Si:		No:	No Aplica: x
¿El manómetro responde de manera adecuada y sin retardos cuando se aplica presión?	Si:		No:	No Aplica: x
¿El manómetro mantiene una lectura estable sin fluctuaciones cuando se aplica una presión constante?	Si:		No:	No Aplica: x
Comentarios:				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uno de los manómetros muestra una grieta en el cristal.</li> <li>• La pruebas de rendimiento no se pueden realizar hasta que el motor se encuentre reparado</li> </ul>				
<b>Herramientas utilizadas y/o equipo de protección:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linterna</li> <li>• Guantes</li> </ul>				

## ANEXO 4: Tabla de insumos o repuestos para el equipo de oleohidráulica

Tabla 70. Tabla de insumos o repuestos anuales para el equipo de oleohidráulica.

<b>Insumo</b>	<b>Cantidad estimada</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo total estimado</b>
Aceite hidráulico MOBIL NUTO H32	1 galón	\$27.50 USD	\$27.50 USD
Cinta de teflón industrial	2 rollos	\$0.50 USD	\$1.00 USD
Paquete de paños de limpieza (Wipes)	6 paquetes	\$0.80 USD	\$4.80 USD
Kit de prueba de acidez (TAN)	1 kit	\$8.01 USD	\$8.01 USD
Rodamientos 6203-RSH	2 unidades	\$2.75 USD	\$5.50 USD