



Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería en Mecánica Naval

TRABAJO DE TITULACIÓN

Modalidad Proyecto Técnico

TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL ELECTROHIDRAULICO DEL TALLER MECANICO DE LA CARRERA DE INGENIERIA MARITIMA.

Autores:

Mieles Intriago Dayan Javier

Espinoza Torres Bryan Alexis

Pisco Fernández José Joel

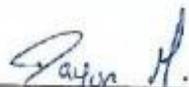
Asesor académico: Ing. Francisco Paredes

Manta – Ecuador

Julio 202

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Los derechos de título y redacción corresponden conforme al reglamento de la propiedad intelectual de la institución a los Sres. MIELES INTRIAGO DAYAN JAVIER, ESPINOZA TORRES BRYAN ALEXIS y PISCO FERNANDEZ JOSE JOEL, damos consentimiento para que la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ejecute la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.



Miele Intriago Dayana Javier

AUTOR



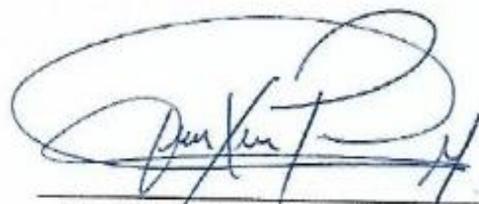
Espinoza Torres Bryan Alexis

AUTOR



Pisco Fernández José Joel

AUTOR



Ing. Paredes Mera Francisco Javier

TUTOR

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 2 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Naval de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría de los estudiantes Mielles Intriago Dayan Javier, Espinoza Torres Bryan Alexis y Pisco Fernández José Joel, legalmente matriculados en la carrera Ingeniería Mecánica Naval, período académico 2024, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de proyecto técnico, cuyo tema del proyecto es "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL ELECTROHIDRAULICO DEL TALLER MECANICO DE LA CARRERA DE INGENIERIA MARITIMA."

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 30 de Julio de 2024.

Lo certifico,



FRANCISCO JAVIER
PAREDES MERA

Francisco Javier Paredes Mera
Docente Tutor

DEDICATORIA

Mieles Intriago Dayan Javier

Quiero dedicar este trabajo principalmente a Dios porque gracias a él todo esto es posible, a mis padres, hermanos y pareja quienes me han apoyado, acompañado y guiado durante todo el proceso de mi carrera Universitaria, han luchado junto a mí para cumplir este gran sueño anhelado, a pesar de las adversidades que se han presentado, la vida me ha demostrado que al igual que ellos, soy capaz de cumplir con las metas que me proponga. A todas aquellas personas, compañeros y docentes que me acompañaron en este camino, los cuales siempre estuvieron presentes apoyándome cuando más los necesité.

Espinoza Torres Bryan Alexis

A mi padre, Teddy Espinoza, quien con su ejemplo y dedicación me enseñó el valor de la perseverancia y el esfuerzo. Su apoyo incondicional ha sido el motor que me ha impulsado a alcanzar mis metas académicas. Gracias por ser mi guía y mi inspiración.

A mi abuela, quien con su sabiduría y amor me ha brindado la fortaleza y la motivación para superar los obstáculos. Su legado vivirá siempre en mi corazón.

A mis compañeros y profesores, quienes con su colaboración y orientación me han ayudado a crecer académica y personalmente. Su contribución ha sido invaluable en mi formación.

Esta obra es un tributo a su dedicación, apoyo y amor. Espero que sea un reflejo de su influencia positiva en mi vida.

Pisco Fernández José Joel

A mis padres Winston Pisco y Ana Fernández, quienes, con sus consejos, su ejemplo de tenacidad y sacrificio confiaron en mí y me motivaron día a día a superar todos los obstáculos desde el inicio hasta el final de mi vida Universitaria.

A mis hermanos Sheyla, Pauleth, Jhosstin y mi sobrina Elieth, mi pareja Joselyn y familiares que estuvieron apoyándome en cada momento.

Eternamente agradecido con ustedes, les dedico mi trabajo de tesis, pues sin su compañía este logro no sería posible, los llevo en mi corazón por ser mi mayor motivación y alegría.

AGRADECIMIENTOS

Mieles Intriago Dayan Javier

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres y hermano, por acompañarme y apoyarme durante el proceso de mi carrera Universitaria. A mis docentes por brindarme sus conocimientos y hacer de mí un buen profesional. A los amigos que esta carrera me permitió conocer e hicieron amena esta trayectoria. A mi tutor de tesis por guiarme en este trabajo de titulación, a todas las personas que formaron parte e impactaron de manera positiva en mi vida.

Espinoza Torres Bryan Alexis

Agradezco profundamente a mis padres, cuyo apoyo incondicional y sacrificio han sido fundamentales para mi formación académica y personal. Su influencia ha sido determinante en mi desarrollo intelectual y emocional.

A mi familia, extendiendo mi gratitud por su constante apoyo y aliento. Su presencia en mi vida ha sido un factor clave para mi motivación y éxito.

A mis profesores, expreso mi más sincero agradecimiento por su dedicación, sabiduría y guía. Su enseñanza y orientación han sido esenciales para mi formación como profesional.

Pisco Fernández José Joel

Quiero expresar mis más grandes agradecimientos principalmente a mis padres por ser el pilar fundamental desde el principio, su dedicación y aliento inquebrantable, me han empujado a dar lo mejor de mí en cada paso del camino

A mis hermanos, sobrina y pareja, su presencia constante me ha enseñado a valorar cada momento vivido.

A mis compañeros de curso, pues hicieron que el proceso universitario sea menos pesado, gracias por estar en esta etapa universitaria.

A los docentes por su paciencia y tiempo en cada clase impartida, gracias por ayudarme en la formación profesional.

RESUMEN

La hidráulica es la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas. En otros dispositivos como boquillas, válvulas, surtidores y medidores se encarga del control y utilización de líquidos. El objetivo del presente proyecto fue desarrollar un banco de pruebas electrohidráulico, el mismo que está creado para demostrar el diseño, la construcción y la aplicación de componentes y circuitos hidráulicos. Integra tecnología para construir sistemas híbridos de Automatización Industrial con componentes y módulos Hidráulicos. El diseño presentado permitió la creación de seis practicas diferentes que garantizan el aprendizaje y manejo de los diferentes módulos o formas de trabajo de la hidráulica ya sea automatizada o manual.

Palabras clave: *Automatización, banco de pruebas, electrohidráulica, hidráulica.*

ABSTRACT

Hydraulics is the application of fluid mechanics in engineering to build devices that operate with liquids, usually water or oil. Hydraulics solves problems such as the flow of fluids through conduits or open channels and the design of reservoir dams, pumps and turbines. In other devices such as nozzles, valves, dispensers and meters, they are responsible for the control and use of liquids. The objective of the present project was to develop an electrohydraulic test bench, which is developed to demonstrate the design, construction and application of hydraulic components and circuits. Integrates technology to build hybrid Industrial Automation systems with Hydraulic components and modules. The design presented allowed the creation of six different practices that guarantee the learning and management of the different modules or ways of working in hydraulics, whether automated or manual.

Keywords: *automation, test bench, electrohydraulic, hydraulics.*

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
ÍNDICE	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
INTRODUCCIÓN	19
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	22
1.1. ANTECEDENTES	22
1.2. HIDRAÚLICA.....	23
1.2.1. Conceptos básicos.....	24
1.2.2. Ley de Pascal	25
1.2.3. Conservación de la energía	25
1.2.4. Campos de aplicación de la hidráulica.....	26
1.2.5. Sistema hidráulico básico	27
1.3. ELECTROHIDRAÚLICA.....	28
1.3.1. Actuador electrohidráulico	29
1.3.2. Banco de pruebas electrohidráulico.....	31
1.4. FLUIDOS HIDRÁULICOS	31
1.4.1. Propiedades del fluido hidráulico	34
1.4.2. Principios de funcionamiento	35
1.4.3. Mantenimiento del fluido hidráulico.....	36

1.4.4.	Filtro de fluido hidráulico	37
1.5.	CILINDROS HIDRAÚLICOS	37
1.5.1.	Principio de funcionamiento	38
1.5.2.	Cilindro hidráulico de simple efecto	38
1.5.3.	Cilindro hidráulico de doble efecto	39
1.5.4.	Configuraciones de pistones hidráulicos.....	40
1.5.4.1.	Cilindros de ariete hidráulico	41
1.5.4.2.	Cilindro tipo barra de acoplamiento.....	42
1.5.4.3.	Cilindro hidráulico soldado	43
1.6.	VÁLVULAS HIDRAÚLICAS	44
1.6.1.	Métodos de control de flujo.....	44
1.6.1.1.	Control de flujo con estrangulamiento	44
1.6.1.2.	Control de flujo compensado por presión.....	45
1.6.1.3.	Control de flujo fijo.....	47
1.6.2.	Tipos de válvulas hidráulicas	47
1.6.2.1.	Válvulas de control de flujo hidráulico	48
1.6.2.2.	Válvulas de control de paso de fluido.....	49
1.6.2.3.	Válvulas de control direccional	51
1.7.	MOTOR HIDRAÚLICO	52
1.7.1.	Consideraciones técnicas	52
1.7.2.	Principio de funcionamiento y partes	54
1.7.3.	Motores hidráulicos de engranajes externos	56
1.7.4.	Motores hidráulicos de engranaje interno	58
1.7.5.	Motores hidráulicos de paletas	59
1.7.6.	Motores hidráulicos de pistones radiales	60
1.7.7.	Motores hidráulicos de pistones axiales	62
1.8.	BOMBAS HIDRAÚLICAS	63

1.8.1.	Consideraciones técnicas	64
1.8.2.	Tipos de bombas hidráulicas	66
1.8.3.	Bomba de paletas	66
1.8.4.	Bomba hidráulica de engranajes	67
1.8.5.	Bomba hidráulica de pistón.....	68
1.8.6.	Bomba manual hidráulica	69
1.8.7.	Mantenimiento de Bombas Hidráulicas.....	69
1.8.8.	Consideraciones de funcionamiento.....	70
1.8.9.	Criterios de selección.....	70
1.9.	MANGUERAS HIDRAÚLICAS	73
1.9.1.	Tipos de mangueras hidráulicas	73
1.9.2.	Criterios de selección.....	74
1.10.	ACOPLES HIDRAÚLICOS	75
1.10.1.	Tipos de acoplamientos	75
1.10.2.	Consideraciones técnicas	76
2.	CAPÍTULO II: DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	77
2.1.	INTRODUCCIÓN	77
2.2.	ACEITE HIDRÁULICO	78
2.2.1.	Propiedades y beneficios.....	79
2.3.	CÁLCULO DE CAUDAL	81
2.3.1.	Cilindros hidráulicos.....	81
2.4.	CÁLCULO DE LA BOMBA	82
2.5.	CÁLCULO DEL TAMAÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	83
2.6.	CÁLCULO DEL MOTOR	84
2.7.	FILTRO.....	85
2.8.	ACCESORIOS	87
2.9	ANÁLISIS DE COSTOS	90

3	CAPÍTULO III: MONTAJE Y GUÍA PRÁCTICA	92
3.1	ESTRUCTURA.....	92
3.2	MONTAJE DE LA CENTRAL HIDRÁULICA.....	93
3.3	MONTAJE DE EQUIPOS	94
3.4	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	94
3.5	PLANOS.....	95
3.6	GUÍA DE PRÁCTICAS	97
3.6.1	Práctica 1.- Cilindro hidráulico de simple efecto mediante 4/3 centro tándem	97
3.6.2	Práctica 2: Control de cilindro hidráulico simple efecto mediante válvula manual de palanca 4/3 centro tándem	98
3.6.3	Práctica 3: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante válvula manual de palanca 4/3 centro tándem.	99
3.6.4	Práctica 4: Control de cilindro hidráulico simple efecto mediante electroválvula 4/2.	100
3.6.5	Práctica 5: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante electroválvula 4/2.	101
3.6.6	Práctica 6: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante electroválvula 4/3.	102
3.7	GUÍA DE MANTENIMIENTO.	103
3.7.1:	Inspección Visual.....	103
3.7.2:	Filtros y Purificadores	103
3.7.3:	Sistema Hidráulico.....	103
3.7.4:	Sistema Eléctrico.....	103
3.7.5:	Pruebas y Ajustes.....	104
3.7.6:	Registro y Documentación.....	104
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	106

ANEXOS	107
BIBLIOGRAFÍA	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transferencia directa de fuerza.	23
Figura 2. Multiplicación de la fuerza.....	24
Figura 3. Ley de Pascal	25
Figura 4. Sistema hidráulico básico.	28
Figura 5. Principio de funcionamiento cilindro hidráulico.	38
Figura 6. Cilindro hidráulico de simple efecto.....	39
Figura 7. Cilindro hidráulico de doble efecto.	40
Figura 8. Cilindros de ariete hidráulico	41
Figura 9. Cilindro tipo barra de acoplamiento.....	42
Figura 10. Cilindro hidráulico de varillas soldadas.	43
Figura 11. Válvula hidráulica	44
Figura 12. Control de flujo de estrangulamiento.....	44
Figura 13. Principio de Bernoulli	45
Figura 14. Control de flujo compensado por presión.....	46
Figura 15. Control de flujo fijo	47
Figura 16. Válvula de control de flujo hidráulico.....	48
Figura 17. Válvula de control direccional	51
Figura 18. Motor hidráulico	52
Figura 19. Eficiencia hidráulica.	54
Figura 20. Estator y rotor de motor hidráulico.	55
Figura 21. Motores hidráulicos de engranajes externos.....	57
Figura 22. Motores hidráulicos de engranaje interno	59
Figura 23. Motores hidráulicos de paletas	59
Figura 24. Motores hidráulicos de pistones radiales	61
Figura 25. Motores hidráulicos de pistones axiales.....	62

Figura 26. Bomba hidráulica	63
Figura 27. Bomba de paletas	67
Figura 28. Bomba hidráulica de engranajes.....	68
Figura 29. Bomba hidráulica de pistón.....	69
Figura 30. UP2/E-BR	83
Figura 31. Motor Eléctrico Weg Monofásico 110/220v.....	84
Figura 32. Variador De Frecuencia 1hp Ls A 204	85
Figura 33. Diseño y elaboración de estructura.....	92
Figura 34. Doblado de plancha	92
Figura 35. Central hidráulica	93
Figura 36. Proceso de montaje de equipos.....	94
Figura 37. Montaje de instalaciones eléctricas y VFD	Error! Bookmark not defined.
Figura 38. Diagrama eléctrico	95
Figura 39. Práctica 1- Cilindro hidráulico de simple efecto mediante 4/3 centro tándem.....	97
Figura 40. Práctica 2: Control de cilindro hidráulico simple efecto mediante válvula manual de palanca 4/3 centro tándem.....	98
Figura 41. Práctica 3: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante válvula manual de palanca 4/3 centro tándem.	Error! Bookmark not defined.
Figura 42. Práctica 4: Control de cilindro hidráulico simple efecto mediante electroválvula 4/2.	100
Figura 43. Práctica 5: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante electroválvula 4/2.	101
Figura 44. Práctica 6: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante electroválvula 4/3.	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. Fisicoquímica aceite hidráulico antidesgaste ISO VG 68	80
Tabla 3. Características Cilindro hidráulico de 5 toneladas	81
Tabla 4. Tipos de bombas.....	82
Tabla 5. W22 Monofásico	84
Tabla 6. Accesorios.....	87
Tabla 7. Lista de Materiales varios.....	91

INTRODUCCIÓN

En la carrera de Ingeniería Marítima, es importante el conocimiento de componentes y equipos que permitan al estudiante desarrollar habilidades y destrezas que se han adquirido, desenvolviéndose en posibles escenarios laborales a futuro. La falta de bancos de pruebas de control electrohidráulico en la carrera provoca que los estudiantes no realicen prácticas ni manipulen componentes de control electrohidráulicos. De no implementarse el diseño y construcción del banco de pruebas de control electrohidráulico, los estudiantes no podrán realizar prácticas referentes al tema y desconocerán el sistema de manipulación y aplicación de elementos, sensores de precisión, software y otras herramientas que involucran el banco de pruebas.

El objetivo de la presente investigación es para desarrollar el banco de pruebas electrohidráulico, el mismo que está creado para demostrar el diseño, la construcción y la aplicación de componentes y circuitos hidráulicos. Integra tecnología para construir sistemas híbridos de Automatización Industrial con componentes y módulos Hidráulicos. La tecnología hidráulica se encuentra en numerosas áreas de la ingeniería. Los estudiantes investigan los "bloques de construcción" básicos de la hidráulica moderna y cómo se interconectan para formar sistemas. Los sistemas hidráulicos proporcionan la energía necesaria para controlar la maquinaria de formación de metales, los sistemas de transporte, los bancos de prueba de componentes, las fundiciones y las plantas de metales primarios, las prensas, incluidos los cojines, los embragues y los frenos, los sistemas de ensamblaje automatizados, los sistemas de empaque, las industrias navales, el manejo de materiales y sistemas robóticos. PLC proporciona

flexibilidad para diseñar y construir numerosos sistemas utilizando software e interfaces de E/S sin cambios en las conexiones cableadas.

Hay que destacar el uso de software PLC y los elementos utilizados son de vital importancia para el perfil profesional de la carrera, esto, por que ayudan a desarrollar las capacidades y destrezas en el taller donde estará ubicado. El banco de pruebas de control electrohidráulico a desarrollar consta de elementos o componentes eléctricos, electrónicos y electrohidráulicos que servirán para la tecnificación de prácticas en el taller.

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un banco de pruebas de control electrohidráulico para el taller mecánico de la carrera de Ingeniería Marítima en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar las características de funcionamiento, operación y configuración de equipos y actuadores electrohidráulicos
- Evaluar y seleccionar los equipos para un banco de pruebas electrohidráulico que permita verificar el funcionamiento, estado y eficiencia real del equipo.
- Diseñar y construir la estructura física del banco de pruebas electrohidráulica con todos los componentes instalados utilizando planos diseñados en Solidworks.
- Ejecutar pruebas de funcionamiento al banco electrohidráulico mediante ensayos con varios equipos y verificar su funcionamiento correcto.

1. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

La Física que se ocupa de la acción de los fluidos en reposo o en movimiento, así como de las aplicaciones y mecanismos de ingeniería que utilizan fluidos. La mecánica de fluidos es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía (Cadavir, 2020).

La mecánica de fluidos puede subdividirse en dos campos principales: la estática de fluidos, o hidrostática, que se ocupa de fluidos en reposo, y la dinámica de fluidos, que trata de fluidos en movimiento. El término de hidrodinámica se aplica al flujo de líquidos o al flujo de los gases a baja velocidad, en el que puede considerarse que el gas es esencialmente incompresible.

La aerodinámica, o dinámica de gases, se ocupa del comportamiento de los gases cuando los cambios de velocidad y presión son suficientemente grandes para que sea necesario incluir los efectos de compresibilidad.

Entre las aplicaciones de la mecánica de fluidos están la propulsión a chorro, las turbinas, los compresores y las bombas. La hidráulica por su parte estudia la utilización en ingeniería de la presión del agua o del aceite y es uno de los conceptos más ampliamente usados en la industria (Quiroz, 2019).

1.2. HIDRAÚLICA

La hidráulica es la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas. En otros dispositivos como boquillas, válvulas, surtidores y medidores se encarga del control y utilización de líquidos (Pacheco y De la Hoz Galvez, 2021).

La hidráulica, es la tecnología o estudio de presión y fluido del líquido, los líquidos son materiales que se vierten y toman forma de sus contenedores, ejemplo de estos es el aceite o el agua.

Debido a que los líquidos no son muy compresibles, nos permiten transferir y multiplicar fuerzas, la Figura 1 ilustra estas propiedades básicas de los líquidos.

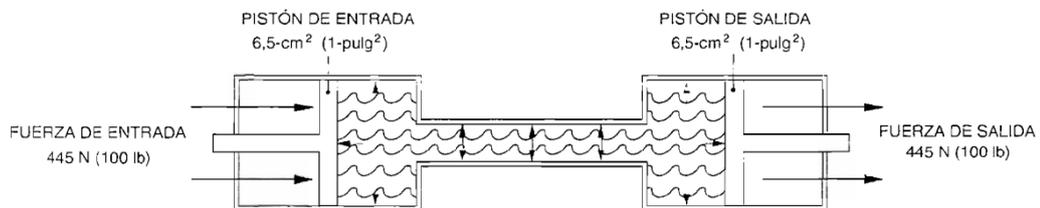


Figura 1. Transferencia directa de fuerza. (M, 2020)

El líquido (normalmente oleo hidráulico-aceite) aplica la misma cantidad de presión de manera equitativa en todas las direcciones. Como resultado, la presión de entrada es igual a la presión de salida.

Sin embargo, esto no es siempre así, cuando los pistones son de diferente tamaño; cuando el líquido aplica la misma cantidad en todas las direcciones, la

fuerza transferida es diferente, el ejemplo de la figura a continuación bajo este principio proporciona una fuerza mecánica con relación 4:1 (Vera, 2020).

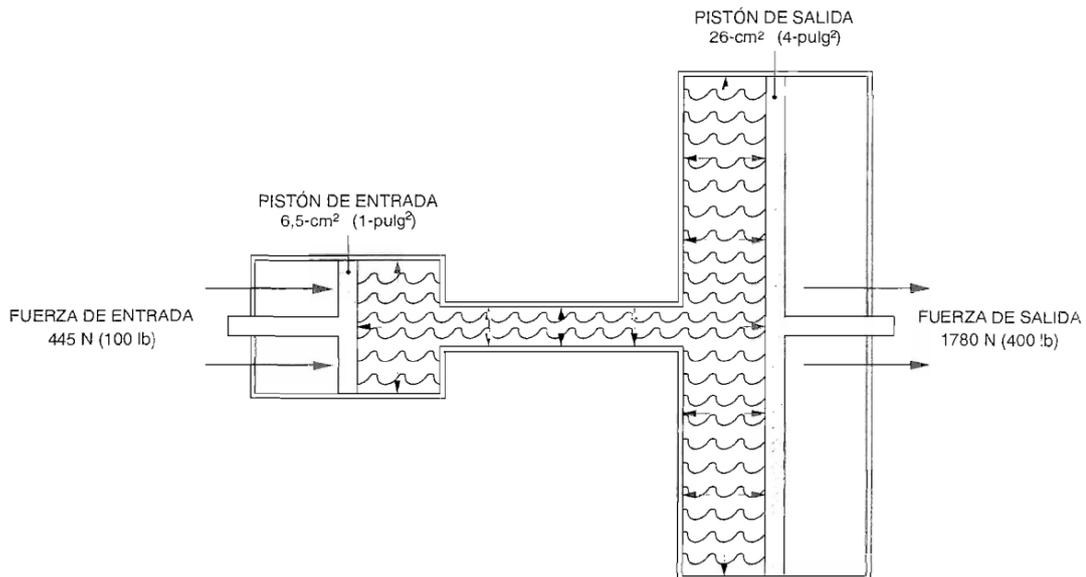


Figura 2. Multiplicación de la fuerza. (M, 2020)

1.2.1. Conceptos básicos

- **Fluido:** Sustancia capaz de fluir, el término comprende líquidos y gases.
- **Volumen:** En matemáticas, medida del espacio ocupado por un cuerpo sólido. El volumen se mide en unidades cúbicas, como metros cúbicos o centímetros cúbicos en el sistema métrico decimal de pesos y medidas.
- **Presión:** La presión (p) en cualquier punto es la razón de la fuerza normal, ejercida sobre una pequeña superficie, que incluya dicho punto.

$$p = \frac{F}{A}$$

En la mecánica de los fluidos, fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

1.2.2. Ley de Pascal

La Ley de Pascal, enunciada sencillamente, dice: “la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas normalmente en las paredes del recipiente”, Esto explica por qué una botella llena de agua se rompe si introducimos un tapón en la cámara ya completamente llena, el líquido es prácticamente incomprensible y transmite la fuerza aplicada al tapón a todo el recipiente. El resultado es una fuerza considerablemente mayor sobre un área superior a la del tapón. Así, es posible romper el fondo de la botella empujando el tapón con una fuerza moderada (Neves et al., 2021).

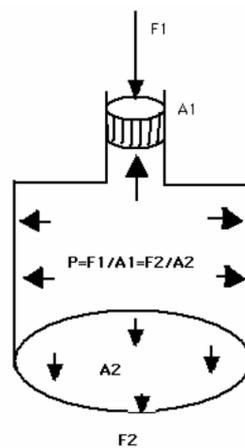


Figura 3. Ley de Pascal (Duque, 2021)

1.2.3. Conservación de la energía

Una ley fundamental de la física afirma que la energía no puede crearse ni destruirse. En este sentido también se cumple que el mismo trabajo que el operador ejerce sobre el pistón pequeño es el mismo trabajo que el pistón grande ejerce sobre la carga. Para los dos casos anteriores se cumple que $F_1 \times d_1 = F_2$

x d_2 siendo d_1 el desplazamiento del pistón pequeño y d_2 el desplazamiento del pistón grande (Figura 2) (Sánchez et al., 2020).

1.2.4. Campos de aplicación de la hidráulica

En la actualidad las aplicaciones de la hidráulica son muy variadas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañado además de estudios más avanzados de las materias y principios que rigen la hidráulica. Todo lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que sin duda ha permitido un creciente desarrollo de la industria en general. Dentro de las aplicaciones se pueden distinguir dos, móviles e industriales:

- **Aplicaciones Móviles** El empleo de la energía proporcionada aceite a presión, puede aplicarse para transportar, excavar, levantar, perforar, manipular materiales, controlar e impulsar vehículos móviles.
- **Aplicaciones Industriales.** En la industria, es de primera importancia contar con maquinaria especializada para controlar, impulsar, posicionar y mecanizar elementos o materiales propios de la línea de producción, para estos efectos se utiliza con regularidad la energía proporcionada por fluidos comprimidos.

Otras aplicaciones se pueden dar en sistemas propios de vehículos automotores, como automóviles, aplicaciones aeroespaciales y aplicaciones navales, por otro lado, se pueden tener aplicaciones en el campo de la medicina y en general en

todas aquellas áreas en que se requiere movimientos muy controlados y de alta precisión, así se tiene:

- Aplicación automotriz: suspensión, frenos, dirección, refrigeración, etc.
- Aplicación Aeronáutica: timones, alerones, trenes de aterrizaje, frenos, simuladores, equipos de mantenimiento aeronáutico, etc.
- Aplicación Naval: timón, mecanismos de transmisión, sistemas de mandos, sistemas especializados de embarcaciones o buques militares
- Medicina: Instrumental quirúrgico, mesas de operaciones, camas de hospital, sillas e instrumental odontológico, etc.

1.2.5. Sistema hidráulico básico

Un circuito hidráulico es una línea para que el aceite fluya por medio de manguetas y componente hidráulicos. Un sistema hidráulico debe contar indispensablemente de los siguientes componentes:

- El depósito de aceite
- Una bomba, para impulsar el aceite y hacerlo fluir a través del circuito.
- Una válvula direccional que permite al operador controlar manualmente el flujo de aceite hacia el cilindro.
- El cilindro que convierte la energía del fluido en potencia mecánica lineal.
- Una válvula de alivio que limita 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 de la bomba alcanza cierto nivel.

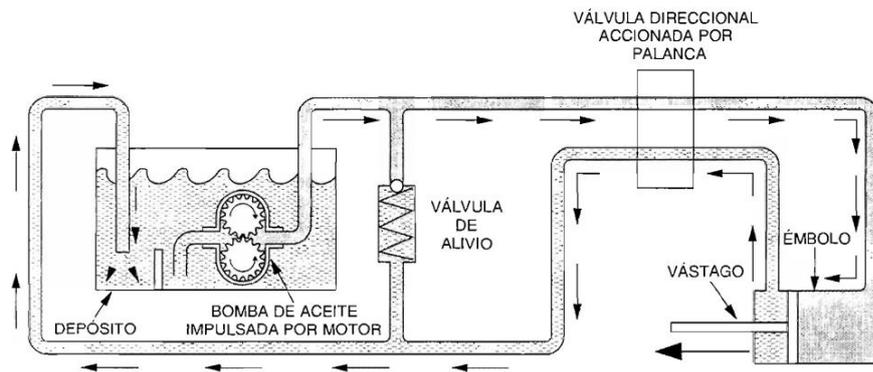


Figura 4. Sistema hidráulico básico. (Peña I. , 2022)

1.3. ELECTROHIDRÁULICA

La palabra electrohidráulica tiene dos significados para dos operaciones muy diferentes. Puede representar un dispositivo de control eléctrico que hace ajustes precisos en un sistema hidráulico. Además, puede significar una reacción química que se crea al disparar impulsos eléctricos cortos y potentes dentro o directamente debajo de la superficie de un cuerpo de líquido (Cruz et al., 2019).

Quizás el dispositivo electrohidráulico más conocido es la unidad de dirección asistida de un automóvil, también llamada actuador electrohidráulico. La unidad combina alta potencia con un alto grado de precisión para ajustarse a los pequeños movimientos del volante de un vehículo. Este tipo de tecnología, en la que se utilizan componentes eléctricos para aumentar la precisión de los movimientos hidráulicos, se puede aplicar a casi cualquier situación en la que se utilice la hidráulica (Uthui, 2022).

1.3.1. Actuador electrohidráulico

Un actuador electrohidráulico es un dispositivo diseñado para proporcionar conmutación o activación para una variedad de sistemas que utilizan fuerza hidráulica que se regula constantemente mediante la retroalimentación de los sensores del sistema con un controlador lógico programable (PLC). Este nivel de control de actuación es necesario en sistemas que presentan fluctuaciones de demanda constantes. El control del actuador es posible gracias a la inclusión de un servosistema que asimila las entradas del sensor y regula el flujo de fluido hidráulico al actuador. Más allá de esta característica, el actuador electrohidráulico funciona de manera muy similar a otros actuadores accionados por fluido y consta de un pistón en un tubo cerrado o un manguito impulsado hacia adelante o hacia atrás por la presión del fluido. Este tipo de actuador suele estar disponible en configuraciones lineales, de un cuarto de vuelta y de varias vueltas (Caceres, 2023).

La mayoría de los actuadores convencionales utilizan motores eléctricos o la presión de aire comprimido y aceite para mover un mecanismo que, a su vez, activa otro mecanismo, como una válvula, un obturador o un interruptor. En estos casos, el actuador proporciona un movimiento bastante simple de magnitud finita. En otras palabras, moverá un conjunto de persianas de la posición cerrada a la abierta solo sin control de posición intermedio. Muchos procesos del sistema requieren un mayor grado de control fino del actuador, tanto en términos de la distancia que se mueve el actuador como en la cantidad de energía aplicada. Cuando se utilizan actuadores hidráulicos, una de las formas de lograr este tipo de control es el uso de un actuador electrohidráulico.

El actuador electrohidráulico comparte muchas similitudes con otras variantes hidráulicas de ciclo de servicio único en el sentido de que consta de un depósito de aceite y una bomba que alimenta aceite hidráulico comprimido a un pistón cerrado. La presión del aceite mueve el pistón, que proporciona el movimiento de accionamiento. Sin embargo, a diferencia de los actuadores de acción simple más simples, un actuador electrohidráulico se ajusta constantemente a las demandas del sistema en incrementos de magnitud proporcional. Este amplio rango de movimiento operativo es posible al incluir un servoamplificador y un juego de válvulas en el circuito del actuador. Las entradas del sensor del sistema se envían al amplificador, que interpreta los requisitos del sistema y envía las señales correspondientes al conjunto de servo válvulas (Martins y Rodrigues, 2021).

El servo válvula actúa entonces como un regulador que controla la duración del movimiento realizado por el actuador electrohidráulico, la velocidad a la que se mueve y la cantidad de par o potencia que ejerce. Estos actuadores están disponibles en varias configuraciones, que incluyen tipos lineales, de cuarto de vuelta y de varias vueltas. El actuador lineal ejerce el movimiento de accionamiento en línea recta, mientras que los otros dos tipos cuentan con acciones rotativas. El actuador de cuarto de vuelta generalmente se usa en válvulas tipo mariposa que requieren solo un cuarto de vuelta para funcionar, y la variedad de múltiples vueltas en válvulas tipo compuerta que requieren una vuelta completa o más para abrirse o cerrarse (Neves et al., 2021).

1.3.2. Banco de pruebas electrohidráulico

Un banco electrohidráulico es un mecanismo que permite realizar experimentos con relación a la teoría impartida en clase, con la finalidad de poner en práctica lo aprendido y afianzar los conocimientos adquiridos, en un banco de pruebas electro hidráulico se encuentran varios actuadores como bomba, motor, reservorio, válvula desaceleradora, reductora de presión, controladora de flujo, de secuencia, direccional, aceite hidráulico, medidores y cilindro doble efecto.

1.4. FLUIDOS HIDRÁULICOS

El fluido hidráulico es el medio de transferencia de energía en todos los sistemas hidráulicos. Sin embargo, el trabajo del fluido hidráulico va más allá de la simple transmisión de potencia. Aunque la transmisión de energía hidráulica es el objetivo principal del fluido hidráulico, es útil en cuatro funciones secundarias: transferencia de calor, eliminación de contaminación, sellado y lubricación (Martins y Rodrigues, 2021).

Las máquinas hidráulicas producen una gran cantidad de calor en exceso durante el funcionamiento normal, a menudo causado por ineficiencias de los componentes mismos, como bombas y motores. Sin una forma de alejar el calor de estos componentes, podrían sobrecalentarse fácilmente y dañar los sellos y los componentes internos, especialmente como resultado de la baja viscosidad local. A medida que el aceite regresa al depósito, a menudo pasa a través de un enfriador para ayudar a mantener un rango de temperatura óptimo antes de que se bombee de regreso al sistema. Por el contrario, el fluido hidráulico puede llevar calor a un sistema durante los arranques en frío, cuando sea necesario (Rodríguez, 2020).

El aceite hidráulico está diseñado con otras propiedades importantes, aunque estas tienden a ser comunes independientemente de la marca, la viscosidad o la aplicación. El aceite hidráulico cuenta con un paquete de aditivos químicos para mejorar el rendimiento tanto del aceite como de los componentes del sistema hidráulico. Estos aditivos pueden mejorar la resistencia a la formación de espuma del aceite, su resistencia a la corrosión/herrumbre y las propiedades de retención de agua. El paquete de aditivos del fluido hidráulico es lo que separa los fluidos de baja y alta calidad, y los aditivos también mejoran las propiedades viscosas del aceite. En caso de duda, elija siempre un fluido premium para su aplicación con una viscosidad adecuada para sus condiciones de funcionamiento (Chilig, 2023).

Para banco de pruebas electrohidráulicos el fluido a seleccionar debe cumplir algunos parámetros, tales como la viscosidad requerida, punto de inflamación y de congelación, y resistente a la oxidación y envejecimiento. El fluido hidráulico generalmente consiste en un aceite base y varios aditivos. Los aceites base habituales son a base de aceite mineral, a base de aceite sintético o a base de agua. Los aditivos normales son agentes anti-desgaste, inhibidores de herrumbre y corrosión, y más. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tipos de aceite base

- **A base de aceite mineral:** Los fluidos hidráulicos a base de aceite mineral son los más comunes debido a su costo relativamente bajo y buenas propiedades de lubricación. Sin embargo, este tipo de fluido hidráulico es susceptible de oxidación y descomposición térmica. Por lo tanto, no es adecuado para aplicaciones de alta temperatura.

- **A base de aceite sintético:** los fluidos hidráulicos a base de aceite sintético se crean con compuestos de ingeniería química y tienen ventajas sobre los fluidos hidráulicos a base de aceite mineral. Resisten la oxidación y la descomposición térmica y son adecuados para aplicaciones de alta temperatura. Además, tienen un excelente rendimiento a baja temperatura, por lo que también se pueden usar en ambientes fríos. Este tipo de fluido hidráulico es más caro que los fluidos hidráulicos minerales.
- **A base de agua:** Los fluidos hidráulicos a base de agua son una mezcla de agua y aditivos, como glicoles o ésteres. Estos fluidos tienen buenas propiedades de enfriamiento y funcionan bien en sistemas de alta temperatura. Sin embargo, los fluidos hidráulicos a base de agua no son adecuados para sistemas con componentes susceptibles a la oxidación y la corrosión.

Tipos de aditivos

- **Agentes antidesgaste:** Los agentes antidesgaste brindan una capa protectora a las superficies metálicas, lo que reduce el desgaste de los componentes hidráulicos.
- **Inhibidores de óxido y corrosión:** Los inhibidores de óxido y corrosión reducen la posibilidad de formación de óxido y corrosión en los sistemas hidráulicos.
- **Mejoradores de la viscosidad:** la viscosidad mejora el índice de viscosidad del fluido hidráulico, manteniendo la viscosidad estable en un rango más amplio de temperaturas.

- **Agentes antiespumantes:** Los agentes antiespumantes minimizan la formación de espuma en los sistemas hidráulicos. La espuma puede reducir la presión hidráulica y dañar los componentes del sistema.
- **Detergentes y dispersantes:** Los detergentes y dispersantes evitan la acumulación de depósitos y contaminantes en los sistemas hidráulicos.
- **Agentes de dilatación de sellos:** Los agentes de dilatación de sellos evitan que los sellos hidráulicos se sequen y se vuelvan quebradizos, manteniendo su integridad.
- **Antioxidantes:** Los antioxidantes protegen contra la degradación oxidativa. Esta degradación reduce el rendimiento del fluido y la vida útil.

1.4.1. Propiedades del fluido hidráulico

Comprender las propiedades del fluido hidráulico garantiza que se elija el fluido correcto para cualquier aplicación determinada:

- **Viscosidad:** La viscosidad del fluido hidráulico determina qué tan suavemente fluye a través de un sistema hidráulico y qué tan adecuadamente proporciona lubricación. Los grados de viscosidad comunes son:
 - ISO VG: El ISO VG (grado de viscosidad) varía de 2 a 1500. Los números más altos indican una mayor viscosidad.
 - SAE: El grado de viscosidad SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) es común en América del Norte. La escala es de 10 a 60. Los números más altos indican una mayor viscosidad.
 - AGMA: El grado de viscosidad AGMA (Asociación Estadounidense de Fabricantes de Engranajes) se utiliza para lubricantes de

engranajes industriales. La escala va del 1 al 8. Los números más altos indican una mayor viscosidad.

- ASTM: El grado de viscosidad ASTM (American Society for Testing and Materials) se utiliza para fluidos hidráulicos en la aviación. La escala va de 100 a 1500. Los números más altos indican una mayor viscosidad.
- **Punto de inflamación:** El punto de inflamación es la temperatura a la cual el fluido emite suficientes vapores para encenderse. Por razones de seguridad, los fluidos con puntos de inflamación altos son mejores.
- **Punto de fluidez:** El punto de fluidez es la temperatura a la que el fluido hidráulico se solidifica o espesa. En climas fríos, elija fluidos con puntos de fluidez más bajos.
- **Estabilidad térmica:** los fluidos hidráulicos sintéticos y a base de agua tienen una mayor estabilidad térmica que los fluidos hidráulicos a base de aceite mineral.

Otras propiedades, como las propiedades anti desgaste, protección contra la corrosión y estabilidad a la oxidación, están determinadas por los aditivos en el fluido hidráulico.

1.4.2. Principios de funcionamiento

La función principal del fluido hidráulico en los sistemas hidráulicos es transmitir potencia de una parte de un sistema a otra. Convierte la energía mecánica en presión hidráulica, que se distribuye uniformemente por todo el fluido. La presión puede mover pistones o cilindros, que a su vez mueven otras partes del sistema (Splendor, 2019).

La capacidad de transmisión de potencia del fluido hidráulico proviene de su calidad no comprimible. No se encoge ni cambia de forma fácilmente cuando se aplica presión. La aplicación de fuerza a un extremo de un sistema hidráulico genera presión, que viaja a través del fluido y puede producir movimiento o potencia al activar válvulas, motores o cilindros hidráulicos.

1.4.3. Mantenimiento del fluido hidráulico

Con un mantenimiento regular del fluido hidráulico, los sistemas hidráulicos funcionarán de manera eficiente. El mantenimiento más habitual es comprobar el nivel de líquido. Los síntomas de bajo nivel de fluido hidráulico incluyen rendimiento lento, ruidos extraños y fugas.

- **Cambio de fluido hidráulico.** No importa qué tipo de fluido hidráulico haya en un sistema, eventualmente será necesario cambiarlo. Cambiar el fluido hidráulico implica drenar el fluido viejo del sistema y reemplazarlo con fluido nuevo.

Los fluidos hidráulicos a base de aceite sintético suelen durar más que los fluidos hidráulicos a base de agua y aceite mineral. Sin embargo, la longevidad de un fluido hidráulico depende de varios factores, como las condiciones de funcionamiento y las prácticas de mantenimiento. En general, el fluido hidráulico debe cambiarse cada 1000 a 2000 horas de funcionamiento o según lo recomiende el fabricante (Pacheco y De la Hoz Galvez, 2021).

- **Fugas de fluido hidráulico.** Las fugas de fluido hidráulico pueden ocurrir por razones tales como sellos desgastados o mangueras dañadas. Es importante resolver el problema lo más rápido posible para evitar daños

en el sistema y la pérdida de fluido hidráulico. Tratar las fugas de fluido hidráulico es un aspecto importante del mantenimiento del sistema hidráulico.

1.4.4. Filtro de fluido hidráulico

Para los componentes que se van a utilizar en este equipo, es de suma importancia protegerlos que cualquier agente externo que pueda dañar o alterar su funcionamiento. En pocas palabras una mejor protección en el equipo significa que las componentes tendrán una vida útil mucho mayor al estimado, además como en estos componentes se utiliza un fluido de aceite hidráulico es adecuado el uso de un filtro de aceite (Nishida y Días, 2022).

1.5. CILINDROS HIDRAÚLICOS

Un cilindro hidráulico es un tubo que produce un accionamiento lineal utilizando presión hidráulica. Básicamente, la presión de un fluido hidráulico obliga a un pistón a moverse en un movimiento de empuje o de tracción.

Esto aprovecha las siguientes leyes de la ciencia física:

1. Los fluidos hidráulicos son incompresibles.
2. En un fluido en reposo en un recipiente cerrado, un cambio de presión en una parte se transmite sin pérdida a cada parte del fluido y paredes del recipiente. (Ley de Pascal)

1.5.1. Principio de funcionamiento

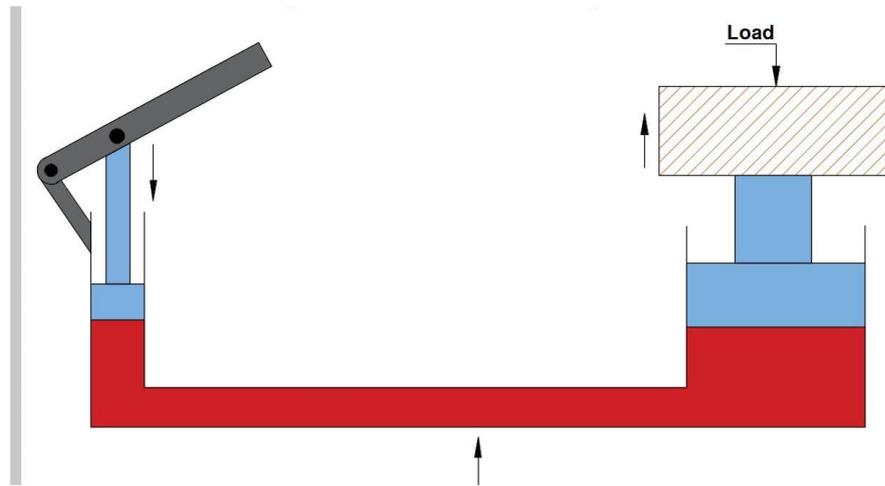


Figura 5. Principio de funcionamiento cilindro hidráulico. (Manna Chemicals & Drugs Private Limited, 2023)

Debido a que los fluidos hidráulicos son incompresibles, los émbolos A1 y A2 permanecerán en las mismas posiciones si no se ejerce fuerza sobre ninguno de ellos. Pero si se ejerce una fuerza sobre uno de ellos, notaremos un desplazamiento en el otro extremo a causa de una fuerza resultante calculada mediante la Ley de Pascal (Zamora, 2021).

Según la aplicación y la industria, los cilindros hidráulicos pueden denominarse actuadores o pistones hidráulicos. Estos términos pueden entenderse en los siguientes contextos:

1.5.2. Cilindro hidráulico de simple efecto

En un cilindro de simple efecto, hay una cámara que recibe fluido hidráulico a presión. De qué lado dependerá el uso previsto del cilindro. Si está diseñado para un movimiento de empuje, la cámara opuesta al vástago del cilindro estará presurizada. La otra cámara suele estar cargada por un resorte para atender la

retracción. Si la cámara con el vástago del cilindro es la que está presurizada, será un movimiento de tracción. La cámara opuesta también estará cargada por resorte para atender la protuberancia (Rodríguez, 2020).

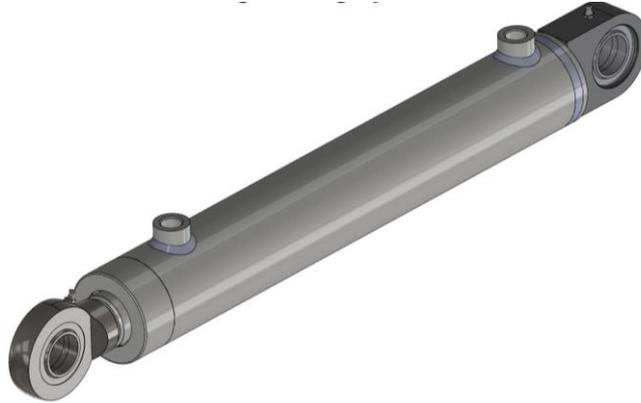


Figura 6. Cilindro hidráulico de simple efecto. (iqsdirectory, 2024)

Ventajas

- Simple de diseñar, fabricar y fácil de instalar
- Bajo costo de compra inicial
- Puerto único (entrada) y carcasa pequeña
- Reduce los costos en costos de válvulas y tuberías.

Desventajas

- El empuje generado por el cilindro se reduce debido al resorte que está suministrando una fuerza opuesta
- Cuando el resorte se desgasta, las carreras del cilindro se vuelven inconsistentes.

1.5.3. Cilindro hidráulico de doble efecto

En un cilindro de doble efecto, ambas cámaras se pueden presurizar. De las dos cámaras, la que aloja el vástago del cilindro tendrá poca superficie en contacto con el fluido hidráulico, ya que no podemos tener en cuenta la superficie del

pistón que ya ocupa el vástago del cilindro. Esta diferencia en el área de la superficie necesitará menos presión para retraerse que la otra. Por lo tanto, el control de la presión y el control de la dirección son importantes en esta configuración de sistemas hidráulicos.

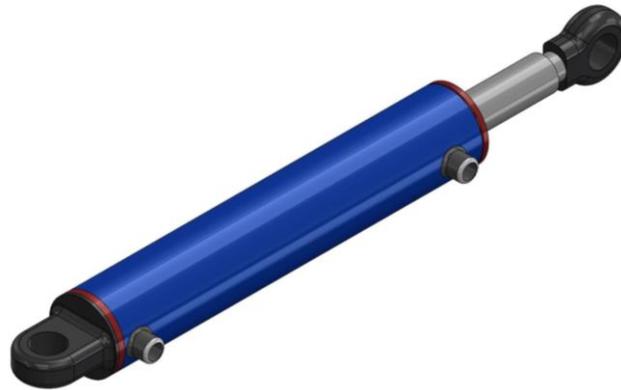


Figura 7. Cilindro hidráulico de doble efecto. (Mauricio, 2024)

Ventajas

- Tiene mucho control sobre el movimiento considerando que el aire presurizado se mueve en ambos sentidos.
- Más rápido, más fuerte y consume menos energía
- Ofrece una variedad de opciones de diseño para tamaños de carrera y diámetro
- Ofrece una fuerza en todas las direcciones, es decir, movimientos de empuje y tracción.

Desventajas

- Más costoso que los cilindros neumáticos individuales
- Necesitan una carcasa más grande si se usan, por ejemplo, como cilindro de alimentación debido al acoplamiento requerido.

1.5.4. Configuraciones de pistones hidráulicos

Las tres configuraciones de pistones hidráulicos más populares son los estilos de ariete, tirante y soldado. Los cilindros con tirante utilizan tirantes de acero

roscados de gran resistencia, normalmente en el exterior de la carcasa del cilindro, para proporcionar estabilidad adicional. Los cilindros soldados incorporan una carcasa de cilindro soldada de servicio pesado que tiene un barril soldado directamente en las tapas de los extremos y, por lo tanto, no requiere tirantes. Los cilindros de ariete generalmente no tienen pistón, sino que usan la varilla del cilindro como pistón (Caceres, 2023).

1.5.4.1. Cilindros de ariete hidráulico

Los cilindros hidráulicos de acción simple que no tienen pistones, pero tienen varillas grandes se llaman arietes. Estos arietes funcionan exactamente como los cilindros convencionales de simple efecto. Sin embargo, utilizan varillas de gran diámetro en lugar de pistones y sellos de pistón en sus diseños. Por lo tanto, en lugar de pistones, los arietes tienen puertos en los extremos de las tapas de alta presión. Tampoco tienen puertos de extremo de varilla de baja presión.

Los arietes son generalmente más baratos que sus contrapartes de cilindros de acción simple convencionales.



Figura 8. Cilindros de ariete hidráulico. (iqsdirectory, 2024)

Los tipos de cilindros hidráulicos de ariete se utilizan normalmente para dar movimiento vertical, incluido el levantamiento de cargas en una dirección vertical. Tal cilindro también se usa para proporcionar el movimiento en una dirección horizontal, pero necesita atención y guías adecuadas para guiar el movimiento. Un buen ejemplo de un cilindro Ram es un cilindro telescópico (Pacheco y De la Hoz Galvez, 2021).

1.5.4.2. Cilindro tipo barra de acoplamiento

Este cilindro sujeta las dos tapas de los extremos del cilindro mediante varillas roscadas de acero. Las barras de unión pueden numerarse hasta 20 según el diámetro interior y la presión de funcionamiento. Una de las grandes ventajas del tirante es que se desmonta y se examina sin esfuerzo para su reparación. Los cilindros con tirante se utilizan en la gran mayoría de las aplicaciones de fabricación industrial. Los cilindros de diámetro interior más pequeño suelen tener pocas varillas de unión, tal vez cuatro, mientras que los cilindros de diámetro interior más grande pueden tener hasta 20 varillas de unión para soportar las fuerzas producidas por el cilindro (Martins y Rodrigues, 2021).



Figura 9. Cilindro tipo barra de acoplamiento. (iqsdirectory, 2024)

1.5.4.3. Cilindro hidráulico soldado

En un cilindro hidráulico de varillas soldadas, a menudo el cilindro se suelda directamente a las tapas de los extremos. La tapa de la cabeza puede utilizar una variedad de enfoques de retención, como enroscar o atornillar. Este diseño generalmente se acepta para equipos móviles debido a la construcción compacta, las longitudes internas de los cojinetes y su ciclo de trabajo en comparación con la construcción con tirantes. Sin embargo, este diseño hace que la inspección y las reparaciones sean mucho más difíciles en el campo debido a que requiere herramientas y equipos menos comunes.

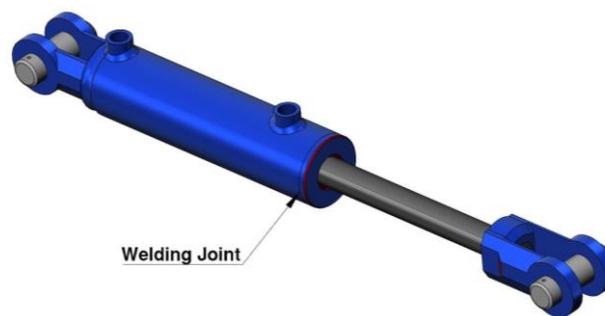


Figura 10. Cilindro hidráulico de varillas soldadas. (iqsdirectory, 2024)

Los cilindros de varillas soldadas están soldados y también tienen paquetes de sellos más altos. Estos ayudan a aumentar la esperanza de vida del cilindro y son útiles cuando el cilindro se utilizará en lugares que incluyen contaminantes y la intemperie. Visualmente, estos cilindros con cuerpo soldado tienden a tener perfiles más bajos que los cilindros con tirante, lo que mejora la apariencia del equipo en el que están montados. Debido a que son más angostos que los de tirante, los cilindros hidráulicos soldados funcionan bien en situaciones donde el espacio es un factor (Uthui, 2022).

1.6. VÁLVULAS HIDRAÚLICAS

Una válvula hidráulica es un dispositivo mecánico que regula el flujo del fluido hidráulico en un sistema hidráulico. Los sistemas hidráulicos suelen ser sistemas de alta presión, que van desde 200 bar hasta un promedio de 700 bar. Esto significa que deben construirse con materiales que puedan soportar estas altas presiones. Los métodos para controlar estas válvulas también son muy amplios. Se pueden controlar física y mecánicamente con accionamiento eléctrico, hidráulico y neumático (Martins y Rodrigues, 2021).

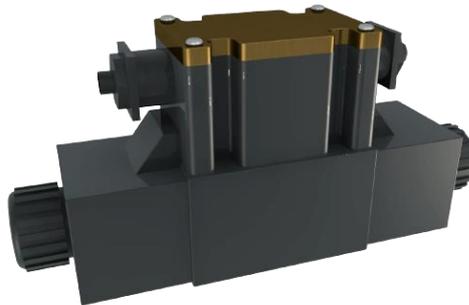


Figura 11. Válvula hidráulica. (iqsdirectory, 2024)

1.6.1. Métodos de control de flujo

1.6.1.1. Control de flujo con estrangulamiento



Figura 12. Control de flujo de estrangulamiento. (iqsdirectory, 2024)

El control de flujo de estrangulamiento es cuando el tamaño de la ruta del fluido se ajusta para que uno pueda variar la tasa de flujo. En la Figura 12 que se muestra arriba, varia el área de la sección transversal de la válvula, que consecuentemente va a variar el caudal. El principio de Bernoulli explica esto mejor.

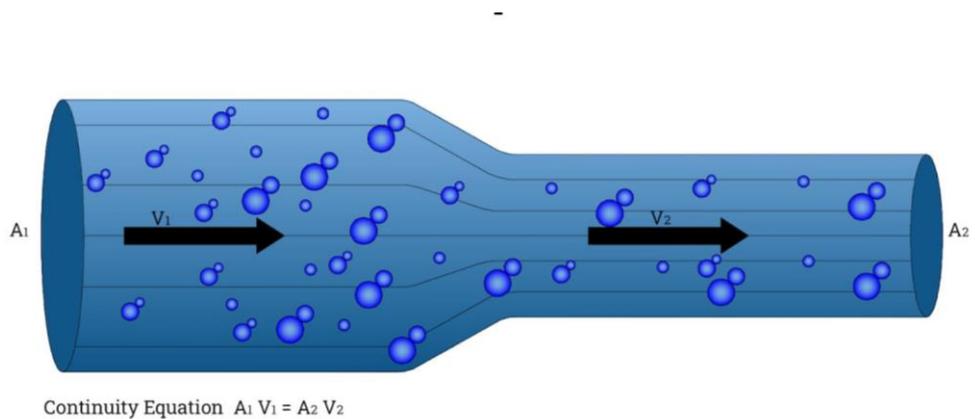


Figura 13. Principio de Bernoulli. (iqsdirectory, 2024)

En el tubo cónico de Bernoulli que se muestra en la Figura 13, variar el diámetro de la tubería de d_1 a d_2 aumentará la velocidad del fluido que lo atraviesa ($V_1 < V_2$), ya sea que la tubería esté inclinada o no. Aumentar la velocidad del tubo significa que el caudal también ha aumentado, como se muestra antes. Por lo tanto, cualquier mecanismo que varíe el área de la sección transversal a través de la válvula variará efectivamente el caudal.

1.6.1.2. Control de flujo compensado por presión

Las válvulas de control de flujo con compensación de presión están diseñadas para mantener una tasa de flujo volumétrico constante a pesar de las caídas de presión en la válvula.

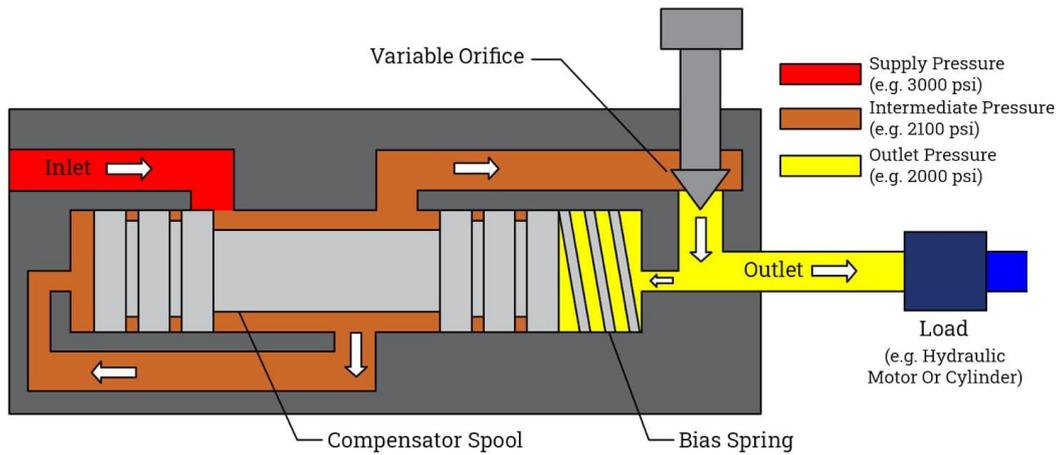


Figura 14. Control de flujo compensado por presión. (MAGALHÃES, 2024)

Constará de un orificio variable y un mecanismo que compensa la pérdida de presión. El fluido seguirá un camino como se ilustra arriba. Entra por una entrada cuyo tamaño es variado por el compensador de presión. En este ejemplo, el compensador de presión es un carrete compensador. El carrete del compensador está cargado por resorte de manera que la fuerza resultante del resorte, la carga hidráulica y el fluido entrante lo posicionarán para abrir la entrada al tamaño justo para mantener una tasa de flujo volumétrico constante incluso con caídas de presión en el sistema (Splendor, 2019).

Una variación de la válvula de control de flujo con compensación de presión es una válvula de control de flujo con compensación de temperatura. Esta variación se debe a que, a veces, la temperatura de funcionamiento puede aumentar de tal manera que las tolerancias establecidas en los orificios se vuelvan inexactas. Se instalan compensadores de temperatura para atender estas variaciones (Rodríguez, 2017).

1.6.1.3. Control de flujo fijo

Este es el método más básico de control de flujo de fluidos. Consiste en un orificio perforado en lo que actúa como un pasaje en un pasaje de fluido que de otro modo estaría bloqueado. Cuando se emplea para el control de flujo, generalmente se coloca en serie con la bomba hidráulica (Ruales, 2021).

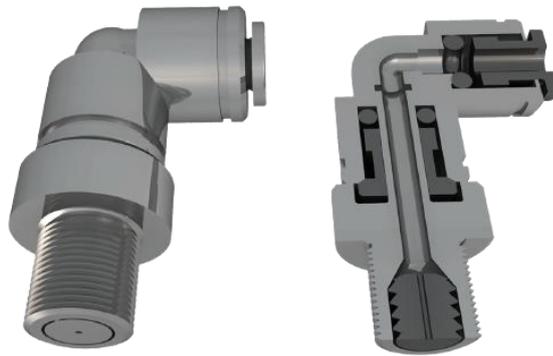


Figura 15. Control de flujo fijo. (iqsdirectory, 2024)

1.6.2. Tipos de válvulas hidráulicas

Las válvulas hidráulicas se pueden utilizar para cualquiera de los siguientes tres propósitos principales, que posteriormente son las clases de válvulas hidráulicas:

- Controlar el caudal de un fluido
- Supervisar y controlar la presión del fluido en un sistema o línea
- Dirección del fluido de control

1.6.2.1. Válvulas de control de flujo hidráulico



Figura 16. Válvula de control de flujo hidráulico. (iqsdirectory, 2024)

En un sistema hidráulico, estas válvulas se utilizan para mantener o ajustar el caudal del fluido hidráulico. Por lo general, tienen un medio para ajustar el caudal. Por lo general, se trata de una abertura o puerto que puede cambiar el área de flujo y, al alterar esa área de flujo, afecta la tasa de flujo.

Un ejemplo típico sería controlar la velocidad de extensión o retracción de un cilindro hidráulico. A veces puede estar en motores hidráulicos o cualquier otro actuador hidráulico. La velocidad de funcionamiento está directamente relacionada con el caudal del fluido hidráulico (Usquiza y otros, 2022).

La reducción del caudal reducirá la velocidad y el aumento del caudal aumentará la velocidad de funcionamiento. Un mayor caudal equivale a una mayor fuerza que actúa sobre el pistón, lo que también significa una mayor velocidad a la que el cilindro se retrae o se extiende.

Las válvulas de control de flujo varían según el método principal que emplean para alterar el caudal. Caudal también es un término genérico, ya que hay más

de un tipo de caudal. Existe un caudal volumétrico que se expresa en mm³/seg. Esto se utiliza para calcular velocidades lineales en vástagos de pistones hidráulicos. Hay una tasa de flujo de peso, medida en lb/seg, generalmente utilizada para calcular la potencia principalmente en unidades imperiales. También hay una tasa de flujo de masa medida en kg/seg, generalmente utilizada para calcular las fuerzas de inercia al desacelerar o acelerar (Usquiza et al., 2022).

Dado que las válvulas de control de flujo básicamente regulan la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula por unidad de tiempo, todas las válvulas de control de flujo se pueden usar para todo tipo de caudales. Varían según el mecanismo que se emplea para alterar el caudal. Por ejemplo:

- Válvula de bola
- Válvula de control de flujo de pasador de aguja
- Válvula de diafragma
- Válvula de mariposa

1.6.2.2. Válvulas de control de paso de fluido

Las válvulas de control de presión, como su nombre indica, se utilizan para regular la presión del fluido en un sistema hidráulico. Esto se hace asegurándose de que la presión del sistema no supere un determinado punto de ajuste.

Hay algunos tipos de válvulas hidráulicas de control de presión que se enumeran a continuación.

- **Las válvulas de alivio.** Mantienen la presión del sistema por debajo de un nivel establecido. Se pueden usar para mantener la presión aguas arriba o aguas abajo de la válvula. También sirven como protección al equipo contra picos de presión o pulsos.
- **Válvulas de secuencia** Estas son válvulas operadas por presión, generalmente vienen como válvulas normalmente cerradas para abrirse cuando la presión del fluido aumenta a un cierto nivel.
- **Válvulas de contrapeso** Estas válvulas permitirán el flujo libre del fluido hacia el actuador, pero bloquearán el flujo inverso hasta que se alcance cierta presión.
- **Válvulas de Descarga** Estas válvulas detendrán el flujo de la bomba o lo quitarán y lo enviarán de vuelta al tanque, especialmente cuando la máquina no esté funcionando.
- **Las válvulas de alivio** Muchos sistemas de energía de fluidos funcionan dentro de un límite de presión establecido. Estos límites o rangos son una función de las fuerzas generadas requeridas para hacer el trabajo por parte del actuador. Si no se controlan, puede haber daños excesivos en el equipo. Las válvulas de alivio se insertan para ayudar a proteger y evitar daños a la máquina y al operador. La presión a la que una válvula de alivio comenzará a permitir el paso del flujo se denomina presión de apertura. La diferencia entre la presión actual en el sistema y la presión de apertura se denomina diferencial de presión o sobrepaso de presión.

1.6.2.3. Válvulas de control direccional

Las válvulas de control direccional ocupan el tercer lugar en nuestra lista de clasificación de válvulas hidráulicas principales. Estas válvulas permiten el flujo de fluido en más de un camino cuando el fluido también proviene de múltiples caminos, o incluso de una sola fuente. Tienen un carrete en el interior que regula qué camino se permite recibir o dar flujo. La posición de la bobina es el factor determinante en qué caminos estarán activos. Pueden ser controlados electrónicamente o controlados manualmente (Vera, 2020).

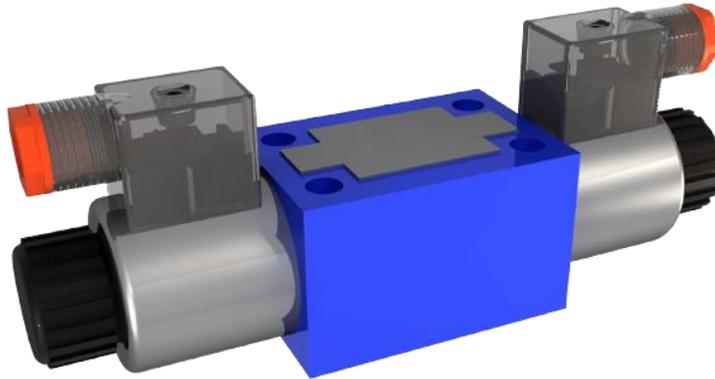


Figura 17. Válvula de control direccional. (Medina, 2024)

Las válvulas de control direccional tienen tres funciones:

- Detener el flujo de fluido
- Permitir el flujo de fluidos
- Cambiar la dirección del flujo de fluido

Estas funciones normalmente operan en combinaciones.

Hay varios tipos de válvulas de control direccional, pero estos son los principales:

- Válvulas de dos, tres y cuatro vías

- La válvula de retención
- Válvula accionada por solenoide

1.7. MOTOR HIDRAÚLICO



Figura 18. Motor hidráulico. (iqsdirectory, 2024)

Los motores hidráulicos son actuadores rotativos o mecánicos que funcionan convirtiendo la presión hidráulica o la energía del fluido en par y desplazamiento angular.

1.7.1. Consideraciones técnicas

- **Desplazamiento de motores.** El desplazamiento del motor es el volumen de fluido requerido para encender el eje de salida del motor del motor a través de una revolución. Las pulgadas cúbicas y los centímetros cúbicos por revolución son las unidades comunes que se utilizan para el desplazamiento del motor. Según el tipo de motor utilizado y la aplicación, el desplazamiento puede ser una cantidad fija o variable. En un motor de cilindrada fija el par es constante. La velocidad del motor se puede variar

al controlar la cantidad de flujo de entrada que ingresa al motor. Se pueden obtener par y velocidades variables si el motor utilizado es un motor de cilindrada variable (Vera, 2020).

- **Salida de par.** La salida de par de un motor se puede expresar en libras-pie o en libras-pulgada. Es una función de la presión en un sistema y el desplazamiento del motor. Las caídas de presión específicas en un motor se pueden evaluar en función de las clasificaciones de torque del motor proporcionadas por el fabricante.
- **Par de arranque.** El par de arranque es la capacidad de un motor hidráulico para hacer que una carga comience a moverse. El par de arranque indica la cantidad de par que un motor hidráulico puede desarrollar para hacer que una carga comience a girar. Puede expresarse como fracción o porcentaje del par teórico. El par de arranque para motores de pistón, paletas y engranajes comunes suele estar entre el 70% y el 80% del valor teórico.
- **Par de ruptura.** El par de frenado es el par requerido para hacer que una carga estacionaria comience a girar o girar. Se requiere más torque para hacer que una carga comience a moverse que para mantener la carga en movimiento.
- **Par de funcionamiento.** El par de funcionamiento es el par asociado con el motor o la carga del motor. Al referirse a la carga, muestra el torque que sigue girando. Cuando se refiere a un motor, muestra el par real que crea un motor para mantener la carga girando. Para motores comunes de paletas, pistones y engranajes, el par de funcionamiento es aproximadamente el 90% del valor teórico.

- **Eficiencia mecánica.** La eficiencia mecánica mide la eficacia que se encuentra en una máquina o un sistema mecánico. Este se puede obtener a partir de diferentes variables y en los motores hidráulicos se suele utilizar el par. En los motores hidráulicos, la eficiencia mecánica se refiere a la relación entre el par real a entregar y el par teórico.

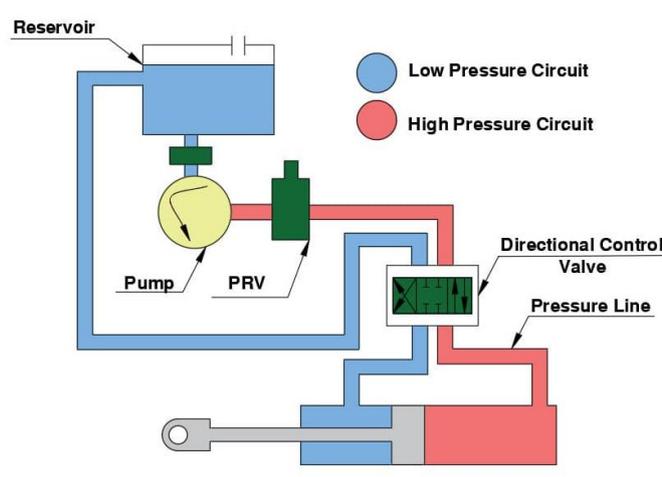


Figura 19. Eficiencia hidráulica. (iqsdirectory, 2024)

- **Deslizamiento en motores.** El deslizamiento se refiere al fluido que pasa a través de las partes internas del motor sin realizar el trabajo previsto.

1.7.2. Principio de funcionamiento y partes

Los motores hidráulicos funcionan convirtiendo la presión hidráulica o la energía del fluido en par y desplazamiento angular. Algunos componentes operan dentro de estos motores para desarrollar lo requerido. A continuación, se muestra una lista de los componentes clave que se utilizan en la mayoría de los motores hidráulicos y sus funciones correspondientes (Uthui, 2022).



Figura 20. Estator y rotor de motor hidráulico. (iqsdirectory, 2024)

- **Estator de motor hidráulico.** El estator funciona ejerciendo una fuerza sobre el pistón, y esto crea una componente tangencial que hace girar el pistón y el rotor.
- **Rotor de motor hidráulico.** En los motores hidráulicos, el rotor es la parte que gira después de ser accionada por un mecanismo dentro del motor. Estos mecanismos difieren según el tipo de motor, por ejemplo, en un motor hidráulico de engranajes, el rotor comienza a girar después del engrane de los engranajes y el flujo de fluido. En un motor hidráulico de paletas, el rotor se acciona presionando las paletas.
- **Eje de transmisión del motor hidráulico.** Un eje de transmisión (también conocido como hélice) es parte de un motor hidráulico que es responsable de entregar o transferir el par creado dentro del motor al ambiente exterior donde puede usarse para levantar cargas y otras

aplicaciones. La mayoría de los ejes de transmisión están hechos de metales y tienen dientes de engranaje en sus extremos.

- **Válvula de control direccional del motor hidráulico (DCV).** Los motores hidráulicos funcionan mediante la manipulación del flujo de fluido dentro del motor. Las válvulas de control direccional están diseñadas para controlar el flujo de fluido dentro del motor. En la mayoría de los sistemas hidráulicos y neumáticos, estas válvulas permiten que fluidos como aceite, agua, aire fluyan desde diferentes partes de acuerdo con los patrones y mecanismos de control del sistema.
- **Carcasa de motor hidráulico.** Los motores hidráulicos tienen una carcasa que protege y contiene los componentes. Están hechos de diferentes materiales como acero inoxidable, titanio, hierro fundido, acero bajo en carbono, níquel, etc. Las cajas vienen en varias formas según la disposición de los componentes dentro del motor.
- **Vástago del pistón del motor hidráulico.** Un vástago de pistón es una barra que se mecaniza con precisión y se utiliza para transmitir una fuerza creada en un sistema hidráulico o neumático al componente de una máquina que realiza el trabajo. En los motores hidráulicos, los vástagos de pistón se utilizan principalmente en motores de pistón para producir un movimiento de giro.

1.7.3. Motores hidráulicos de engranajes externos

En este tipo de engranaje, el motor hidráulico está compuesto por dos engranajes que se denominan engranaje impulsado y engranaje loco. El engranaje impulsado está conectado al eje de salida generalmente por medio de

una chaveta. Dentro del motor hay aceite a alta presión que fluye hacia los lados alrededor de las puntas de los engranajes y fluye hacia la carcasa del motor saliendo por el puerto de salida. En el proceso, los engranajes engranan y esto no permitirá que el aceite proveniente de la salida fluya de regreso al lado de entrada.

Una pequeña cantidad de este aceite se utiliza para la lubricación de los engranajes. Este aceite se purga a través de los cojinetes (hidrodinámico), y el aceite entra por el lado de presión de los engranajes. Los engranajes rectos se utilizan popularmente en este tipo de motores hidráulicos. Si los engranajes no se fabrican de acuerdo con los estándares, pueden estar sujetos a vibraciones y hacer ruido durante el funcionamiento del motor (Rodríguez, 2017).



Figura 21. Motores hidráulicos de engranajes externos. (Braulio, 2023)

Las características de los motores hidráulicos de engranajes externos incluyen:

- Pueden operar bajo alta presión.
- Operan utilizando tolerancias estrechas entre los componentes internos.

- Pueden operar con una presión máxima de fluido de 200 bares
- Se consideran engranajes de bajo costo y pueden funcionar durante un largo período.

1.7.4. Motores hidráulicos de engranaje interno

Los motores de engranajes internos tienen características y características similares a los motores de engranajes externos. El buen funcionamiento de los engranajes caracteriza a los motores en comparación con los engranajes externos donde están sujetos a vibraciones que provocan situaciones ruidosas. Tienen un engranaje externo que se usa para engranar con la circunferencia de un engranaje más grande. Los engranajes internos se encuentran en dos versiones, a saber, el motor gerotor (utilizado principalmente en sistemas móviles y tecnologías hidráulicas) y el motor gerotor.

En estos motorreductores se utiliza una paleta creciente para separar el volumen de descarga del volumen de entrada entre los dos engranajes. Cuando el fluido hidráulico ingresa a través del volumen de entrada, hace que la presión aumente, lo que hace que el volumen se expanda y esto da como resultado que los engranajes giren. El fluido será expulsado a medida que los engranajes continúen girando (Cruz et al., 2019).

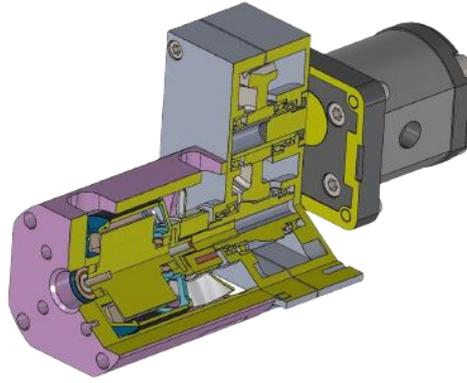


Figura 22. Motores hidráulicos de engranaje interno. (iqsdirectory, 2024)

1.7.5. Motores hidráulicos de paletas

Los motores hidráulicos funcionan creando un desequilibrio debido a la presión que da como resultado la rotación del eje. En los motores de paletas, este desequilibrio es el resultado de la diferencia cuando el área de las paletas está expuesta a la presión hidráulica. Los motores de paletas tienen un equilibrio hidráulico que evita que el rotor descargue lateralmente el eje. La diferencia de presión desarrolla el par cuando el aceite de la bomba es forzado a pasar por el motor (Coaquira, 2021).



Figura 23. Motores hidráulicos de paletas. (iqsdirectory, 2024)

Los motores de paletas generalmente están hechos de una configuración de cartucho de una carcasa de motor. Su diseño es como el de una bomba de paletas. Se caracterizan por placas de dos puertos que separan los puertos de entrada y salida, ya que colocan entre ellos la leva y el anillo del rotor. Dentro de la caja cilíndrica de un motor de paletas hay un anillo montado. Este anillo está formado por ranuras radiales donde hay paletas deslizantes. Las paletas funcionan presionando en el interior, contra la pared de la caja cilíndrica. El anillo gira cuando las paletas son forzadas por resorte contra la pared debido a la fuerza centrífuga. Las características de los motores hidráulicos de paletas incluyen:

- Bajo nivel de ruido
- Instalación vertical amigable
- Fácil versatilidad
- Pulsación de caudal bajo
- Diseño simple
- Media presión
- Alto par a bajas velocidades

1.7.6. Motores hidráulicos de pistones radiales

El motor hidráulico de tipo pistón radial opera transformando la energía creada por la presión del fluido en energía mecánica (rotación). Existe una válvula direccional, que es parte fija y central de la configuración, tiene dos líneas para el flujo de fluido donde una es para drenaje y otra para entrada de fluido. El rotor

es para girar la válvula direccional que está equipada con orificios radiales. Esto hará que los pistones de flotación libre funcionen (Lima et al., 2023).

Los pistones que están en contacto con la pista que está fijada y girada por el rotor producen un movimiento alternativo con respecto al rotor. Para mantener constante el par del motor, suelen instalar un número impar de cilindros.

Cuando el fluido hidráulico, que está presurizado por la bomba, entra en los orificios, presiona los pistones contra el estator, normalmente durante media revolución. En la siguiente media revolución, el fluido se envía a la línea de drenaje conectada a la válvula direccional. Si el motor está operando bajo carga de presión en el pistón del motor, el estator ejercerá tensión sobre el pistón, y esto hará que los pistones y el rotor giren. Cuando esto sucede, se acciona el eje de salida del motor. La mayoría de estos sistemas están equipados con rodillos que reducen las pérdidas causadas por la fricción del pistón en la pista.



Figura 24. Motores hidráulicos de pistones radiales. (iqsdirectory, 2024)

Las características de los motores hidráulicos de pistones radiales incluyen:

- Altos pares de salida
- El diseño del sistema se simplifica al reducir las cajas de engranajes
- Velocidades de salida más suaves a velocidades más bajas
- Velocidades de salida más bajas

1.7.7. Motores hidráulicos de pistones axiales

Los motores hidráulicos de pistón axial también se conocen como motores de barril. En estos motores el plato del eje impulsor está posicionado en ángulo con respecto al cilindro del motor, la entrada de fluido en los cilindros da como resultado el movimiento de los pistones, haciendo que el impulsor gire. En cada cilindro hay 1 fase de salida y de admisión por vuelta. El pistón opera cuando se aplica a la placa inclinada con una fuerza proporcional a la presión. Esta fuerza reduce el ángulo y crea una fuerza que hace que la placa gire.

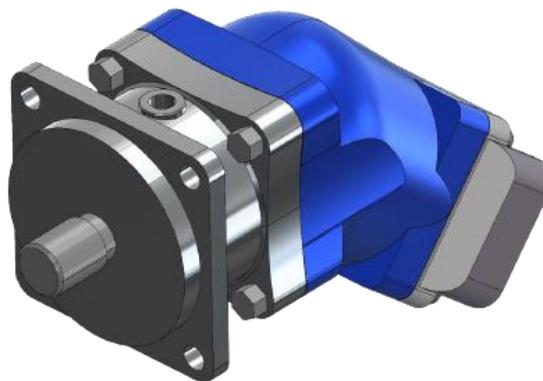


Figura 25. Motores hidráulicos de pistones axiales. (iqsdirectory, 2024)

El sentido de giro del árbol de transmisión está asociado al ángulo de inclinación del plato del árbol de transmisión con respecto al eje del cañón. En otros

conjuntos que tienen pistones axiales, pueden cambiar esta inclinación. Si este eje se puede cambiar, significa que la velocidad puede variar para un caudal constante y, en este caso, se crea un motor con dos direcciones de caudal.

Las características de los motores de pistones axiales incluyen:

- Velocidades más altas
- Alta densidad de potencia
- Amplia gama de velocidades
- Múltiples controles para ajustar el desplazamiento
- Puede ser de cilindrada variable o fija
- Amplia gama de velocidades

1.8. BOMBAS HIDRAÚLICAS

Las bombas hidráulicas son mecanismos en sistemas hidráulicos que mueven fluido hidráulico de un punto a otro iniciando la producción de energía hidráulica.

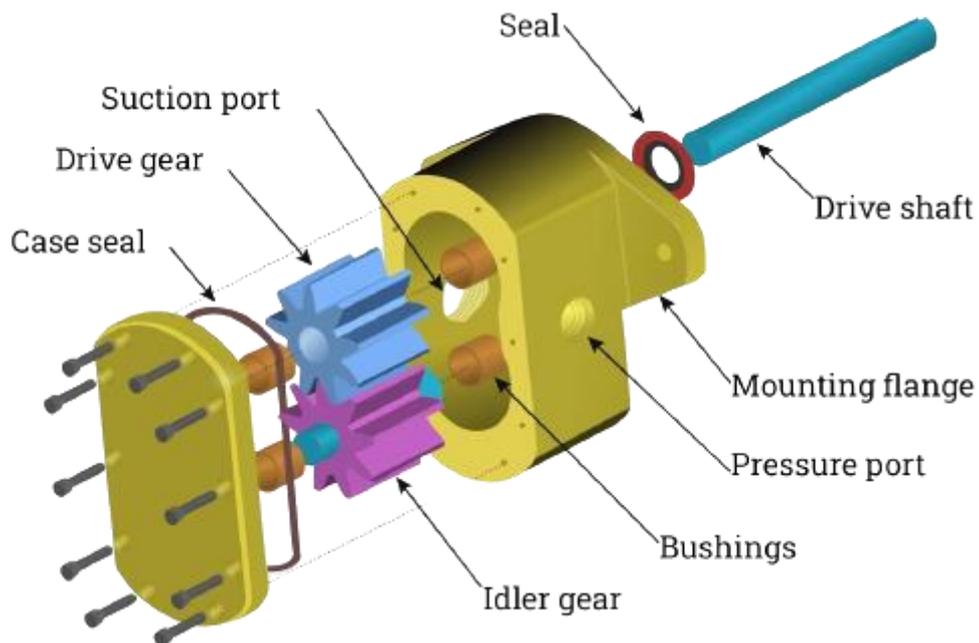


Figura 26. Bomba hidráulica. (Educatronica, 2023)

Son un dispositivo importante en general en el campo de la hidráulica, un tipo especial de transmisión de potencia que controla la energía que transmiten¹ los fluidos en movimiento mientras están bajo presión y se transforma en energía mecánica. Hay una amplia gama de contextos en los que se aplican los sistemas hidráulicos, por lo que son muy importantes en muchos servicios comerciales, industriales y de consumo (Khalaf, 2013).

1.8.1. Consideraciones técnicas

La "Ley de Pascal" se aplica a líquidos confinados. Por lo tanto, para que los líquidos actúen hidráulicamente, deben estar contenidos dentro de un sistema. Un paquete de energía hidráulica o unidad de energía hidráulica es un sistema mecánico confinado que utiliza líquido hidráulicamente.

A pesar de que los sistemas operativos específicos varían, todas las unidades de potencia hidráulica comparten los mismos componentes básicos. Un depósito, válvulas, un sistema de tuberías/tubos, una bomba y actuadores son ejemplos de estos componentes. De manera similar, a pesar de su versatilidad y adaptabilidad, estos mecanismos trabajan juntos en procesos operativos relacionados en el corazón de todos los paquetes de energía hidráulica (Pascal, 2021).

¹ "Transmisión de energía" alude al procedimiento completo de cambiar tecnológicamente la energía en una forma beneficiosa para aplicaciones prácticas. La energía mecánica, la energía eléctrica y la energía de fluidos son las tres ramas principales que componen el campo de transmisión de energía. La energía de fluidos cubre el uso de gas en movimiento y fluidos en movimiento para la transmisión de energía. La hidráulica se considera entonces como una subcategoría de la potencia de fluidos que se centra en el uso de fluidos en oposición al uso de gas. El otro campo de la energía de fluidos se conoce como neumática y se centra en el almacenamiento y liberación de energía con gas comprimido.

- **Depósito de bomba hidráulica.** La función del depósito hidráulico es contener un volumen de líquido, transferir calor del sistema, permitir que los contaminantes sólidos se asienten y ayudar a liberar la humedad y el aire del líquido.
- **Bomba hidráulica.** La bomba hidráulica transforma la energía mecánica en energía hidráulica. Esto se logra a través del movimiento del líquido, que sirve como medio de transmisión. Todas las bombas hidráulicas funcionan con el mismo principio básico de dosificación de volumen de fluido frente a una carga o presión resistiva.
- **Válvulas de bomba hidráulica.** Las válvulas hidráulicas se utilizan para iniciar, detener y dirigir el flujo de líquido en un sistema. Las válvulas hidráulicas están hechas de carretes o poppets y se pueden accionar de forma hidráulica, neumática, manual, eléctrica o mecánica.
- **Actuadores de bomba hidráulica** El resultado final de la ley de Pascal son los actuadores hidráulicos. Este es el punto en el que la energía hidráulica se transforma de nuevo en energía mecánica. Esto se puede lograr mediante el uso de un cilindro hidráulico para transformar la energía hidráulica en movimiento y trabajo lineal o un motor hidráulico para transformar la energía hidráulica en movimiento y trabajo de rotación. Los motores hidráulicos y los cilindros hidráulicos, como las bombas hidráulicas, tienen varios subtipos, cada uno destinado a un uso de diseño específico.

1.8.2. Tipos de bombas hidráulicas

Si bien el funcionamiento de las bombas hidráulicas normalmente es el mismo, estos mecanismos se pueden dividir en categorías básicas. Hay dos tipos de bombas hidráulicas a considerar: bombas de engranajes y bombas de pistón. Las bombas de pistones radiales y axiales son tipos de bombas de pistones. Las bombas axiales producen movimiento lineal, mientras que las bombas radiales pueden producir movimiento rotatorio. La categoría de bombas de engranajes se subdivide en bombas de engranajes externos y bombas de engranajes internos.

Cada tipo de bomba hidráulica, independientemente del pistón o engranaje, es de acción doble o simple. Las bombas de acción simple solo pueden tirar, empujar o levantar en una dirección, mientras que las bombas de doble acción pueden tirar, empujar o levantar en varias direcciones (Usquiza et al., 2022).

1.8.3. Bomba de paletas

Las bombas de paletas son bombas de desplazamiento positivo que mantienen un caudal constante bajo presiones variables. Es una bomba que se auto ceba. Se denomina "bomba de paletas" porque el efecto de la paleta presuriza el líquido.

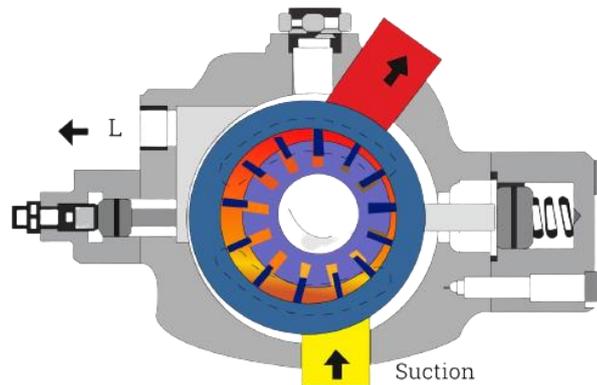


Figura 27. Bomba de paletas. (iqsdirectory, 2024)

Esta bomba tiene un número variable de paletas montadas en un rotor que gira dentro de la cavidad. Estas paletas pueden tener una longitud variable y estar tensadas para mantener el contacto con la pared mientras la bomba consume energía. La bomba también cuenta con una válvula de alivio de presión, que evita que el aumento de presión dentro de la bomba la dañe (Nishida y Días, 2022).

1.8.4. Bomba hidráulica de engranajes

Las bombas de engranajes internos y las bombas de engranajes externos son los dos tipos principales de bombas hidráulicas de engranajes. Las bombas con engranajes externos tienen dos engranajes rectos, todos los cuales están dispuestos externamente. Las bombas de engranajes internos también cuentan con dos engranajes rectos, y los dientes rectos de ambos engranajes están dispuestos internamente, con un engranaje girando dentro del otro (Rodríguez T., 2022).

Ambos tipos de bombas de engranajes entregan una cantidad constante de líquido con cada giro de los engranajes. Las bombas hidráulicas de engranajes

son populares debido a su versatilidad, efectividad y diseño bastante simple. Además, debido a que se pueden obtener en una variedad de configuraciones, se pueden usar en una amplia gama de contextos de productos de consumo, industriales y comerciales.



Figura 28. bomba hidráulica de engranajes. (Organize San. Böl. Evrenköy, 2023)

1.8.5. Bomba hidráulica de pistón

Las bombas hidráulicas de pistón transfieren líquidos hidráulicos a través de un cilindro utilizando un equipo similar a un émbolo para elevar con éxito la presión de una máquina, permitiéndole jalar, levantar y empujar cargas pesadas. Este tipo de bomba hidráulica es la fuente de energía para máquinas de servicio pesado como excavadoras, retroexcavadoras, cargadoras, excavadoras y grúas. Las bombas de pistón se utilizan en una variedad de industrias, incluidas la automotriz, la aeronáutica, la generación de energía, la militar, la marina y la fabricación, por mencionar algunas (Uthui, 2022).

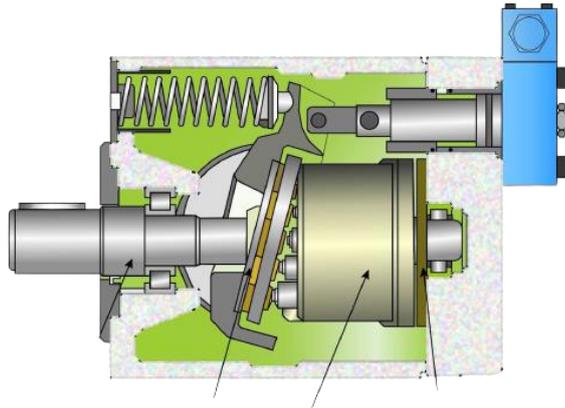


Figura 29. Bomba hidráulica de pistón. (Elephant Fluid, 2023)

1.8.6. Bomba manual hidráulica

Las bombas manuales hidráulicas son máquinas de transmisión de fluidos que utilizan la fuerza mecánica generada por un actuador operado manualmente. Un accionador operado manualmente podría ser una palanca, una palanca, un mango o cualquiera de una variedad de otras partes. Las bombas manuales hidráulicas se utilizan para la distribución de fluidos hidráulicos, el bombeo de agua y otras aplicaciones.

1.8.7. Mantenimiento de Bombas Hidráulicas

Aunque los sistemas hidráulicos son menos complejos que los sistemas eléctricos o mecánicos, siguen siendo sistemas complejos que deben manejarse con precaución. Evitar el contacto físico con los sistemas hidráulicos es una precaución de seguridad esencial al trabajar con ellos. Incluso cuando no se utiliza una máquina hidráulica, la presión del líquido activo dentro del sistema puede ser un peligro (Nishida y Días, 2022).

Las bombas inadecuadas pueden causar fallas mecánicas en el lugar de trabajo que pueden tener consecuencias graves y costosas. Aunque históricamente la falla de la bomba ha sido impredecible, la nueva tecnología de diagnóstico continúa mejorando los métodos de detección que anteriormente dependían únicamente de las señales de vibración. La medición de las presiones de descarga permite a los fabricantes pronosticar el desgaste de la bomba con mayor precisión. Los sensores de descarga son fáciles de integrar en los sistemas existentes, lo que aumenta la seguridad y versatilidad de la bomba hidráulica.

1.8.8. Consideraciones de funcionamiento

- La función principal del depósito es almacenar fluido hidráulico que no se está procesando.
- La bomba inicia y transfiere un flujo de fluido dentro del sistema hidráulico.
- Los tubos o mangueras mueven el fluido viscoso que transmite la bomba. Luego, el fluido se transporta al cilindro hidráulico a través de este aparato de tuberías.
- Los actuadores cambian la energía hidráulica a energía mecánica.
- Las válvulas de alivio de presión evitan el exceso de presión regulando la salida de los actuadores y redirigiendo el líquido de vuelta al depósito cuando sea necesario. Las válvulas de control direccional se utilizan para cambiar el tamaño y la dirección del flujo de fluido hidráulico.

1.8.9. Criterios de selección

Si bien la transmisión de potencia hidráulica es notablemente útil en una amplia gama de aplicaciones profesionales, confiar únicamente en un tipo de

transmisión de potencia generalmente es imprudente. Por el contrario, la estrategia más eficiente es combinar una amplia gama de transmisiones de potencia (neumática, hidráulica, mecánica y eléctrica). Como resultado, los sistemas hidráulicos deben integrarse cuidadosamente en una estrategia general de transmisión de energía para la aplicación comercial específica. Es necesario invertir en localizar fabricantes/proveedores hidráulicos confiables y calificados que puedan ayudar en el desarrollo e implementación de una estrategia hidráulica general (Zamora, 2021).

El uso previsto de una bomba hidráulica debe tenerse en cuenta al seleccionar un tipo específico. Esto es importante porque algunas bombas solo pueden realizar una función, mientras que otras permiten una mayor flexibilidad.

- **Material de la bomba.** La composición del material de la bomba también debe tenerse en cuenta en el contexto de la aplicación. Los cilindros, pistones y engranajes suelen estar hechos de materiales duraderos como aluminio, acero inoxidable o acero que pueden soportar el desgaste continuo del bombeo repetido. Los materiales deben ser capaces de soportar no solo el proceso sino también los fluidos hidráulicos. Los fluidos compuestos frecuentemente contienen aceites, polialquilenglicoles, ésteres, butanol e inhibidores de corrosión (aunque en algunos casos se usa agua). La temperatura de funcionamiento, el punto de inflamación y la viscosidad de estos fluidos difieren.
- **Capacidades de la bomba.** Además del material, los fabricantes deben comparar las especificaciones de funcionamiento de la bomba hidráulica para asegurarse de que la utilización prevista no supere las capacidades

de la bomba. Las muchas variables en la funcionalidad de la bomba hidráulica incluyen la presión operativa máxima, la presión operativa continua, la potencia, la velocidad operativa, la fuente de energía, el peso de la bomba y el flujo máximo de fluido. También se deben comparar las medidas estándar como la longitud, la extensión de la varilla y el diámetro. Dado que las bombas hidráulicas se utilizan en ascensores, grúas, motores y otra maquinaria pesada, deben cumplir estrictas especificaciones de funcionamiento.

- **Ineficiencias de los sistemas de accionamiento hidráulico.** Es fundamental recordar que la potencia total generada por cualquier sistema de accionamiento hidráulico está influenciada por varias ineficiencias que deben tenerse en cuenta para aprovechar al máximo el sistema. La presencia de burbujas de aire dentro de un accionamiento hidráulico, por ejemplo, es conocida por cambiar la dirección del flujo de energía dentro del sistema (ya que la energía se desperdicia en el camino hacia los actuadores en la compresión de burbujas). El uso de un sistema de accionamiento hidráulico requiere identificar las deficiencias y seleccionar las mejores piezas para mitigar sus efectos. Una bomba hidráulica es el lado del "generador" de un sistema hidráulico que inicia el procedimiento hidráulico (a diferencia del lado del "actuador" que completa el procedimiento hidráulico). Independientemente de las disparidades, todas las bombas hidráulicas son responsables de desplazar el volumen de líquido y transportarlo a los actuadores desde el depósito a través del sistema de tuberías. Por lo general, alguna forma de sistema de combustión interna alimenta las bombas.

1.9. MANGUERAS HIDRAÚLICAS

Una manguera hidráulica es un tipo de manguera especializada que encontrará en muchos entornos comerciales e industriales. Las mangueras hidráulicas generalmente se construyen con caucho flexible o alambre, y cuentan con una serie de capas para darle a la manguera su resistencia y durabilidad. Estas capas comprenden un tubo interior, una capa reforzada y una capa exterior (Pascal, 2021).

1.9.1. Tipos de mangueras hidráulicas

Las mangueras hidráulicas generalmente se dividen en dos categorías: las que cumplen con los estándares SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) y las mangueras hidráulicas estándar EN , la norma europea. Las mangueras hidráulicas SAE generalmente se consideran el punto de referencia de la industria y las más utilizadas en el Reino Unido. 16 tipos diferentes de mangueras se encuentran dentro del ámbito de SAE, y cada uno debe cumplir con estrictas dimensiones y características de rendimiento. Estas son las principales categorías

- **Manguera trenzada:** Diseñada para alimentar aplicaciones industriales generales, esta es una manguera de alta presión que viene en configuraciones de uno, dos o tres cables de acero trenzado. Por lo general, se utiliza con fluidos a base de petróleo o agua y funciona a temperaturas que oscilan entre -40 °C y 100 °C.
- **Manguera multiespiral:** Este tipo de manguera es muy flexible y su configuración interna la hace particularmente útil en aplicaciones de alto pulso y construcción pesada. Normalmente se utiliza para transferir

aceites minerales e hidráulicos o emulsiones de agua y aceite, lo que lo hace especialmente útil para la construcción y la ingeniería civil, la minería y las canteras, las industrias petroleras y la agricultura, entre otros

- **Manguera de baja presión:** Este tipo de manguera tiene trenzado textil, lo que la hace muy flexible pero no apta para presiones más altas. Se usa comúnmente en aplicaciones más livianas, como líneas antiestáticas de suministro, aire, lubricación o retorno.
- **Manguera trenzada de alambre de acero inoxidable:** Estas mangueras de servicio pesado, trenzadas con alambre de acero inoxidable simple o doble, se utilizan en aplicaciones agresivas como la transferencia de sustancias químicas. Son muy duraderos y pueden soportar condiciones extremas de temperatura y presión, incluso en el vacío.
- **Manguera hidráulica termoplástica:** Están hechos de dos capas de material termoplástico separadas por una capa intermedia de refuerzo, de alambre o fibras sintéticas. El hecho de que sean capaces de operar a temperaturas muy bajas y que sean particularmente resistentes a la abrasión los hace populares en equipos de elevación accionados hidráulicamente, así como en líneas de lubricación donde se necesita un diámetro exterior pequeño.

1.9.2. Criterios de selección

No todas las mangueras hidráulicas son iguales, por lo que cuando busque una manguera hidráulica nueva o de reemplazo, es importante consultar con un especialista que pueda obtener o diseñar la manguera más adecuada para sus necesidades.

Las variables que influyen en el tipo de manguera hidráulica que necesita incluyen:

- El tipo de fluido que pasa a través de la manguera.
- Las condiciones de funcionamiento a las que estará sujeta la manguera (presión/temperatura)
- Tamaño de la manguera (diámetros y longitud)
- Flexibilidad y durabilidad de la manguera
- Extremos y acoplamientos (a qué se unirá la manguera)

1.10. ACOPLERES HIDRÁULICOS

Un acoplamiento hidráulico es un dispositivo que se utiliza para conectar mangueras y accesorios con un sistema hidráulico que se ocupa de muchas situaciones de alta presión. Por lo general, estos productos están hechos de materiales como aluminio o latón, ya que no son ferrosos y ofrecen ventajas únicas para la mayoría de las aplicaciones de las que suelen formar parte los acoplamientos hidráulicos. Saber cómo es el entorno de su aplicación es un excelente lugar para comenzar cuando busca determinar de qué tipo de material deben estar hechos sus acoplamientos hidráulicos. Si necesita más asesoramiento, ponerse en contacto con un fabricante de acoplamientos hidráulicos de confianza y con conocimientos es una excelente manera de reducir sus opciones en función de sus necesidades y requisitos únicos.

1.10.1. Tipos de acoplamientos

Hay dos tipos principales de acoplamientos hidráulicos:

- Acoplamientos de tornillo de liberación rápida
- Acopleres convencionales.

Si bien tienen sus diferencias, estos dos tipos de acoplamientos hidráulicos tienen varias cosas en común, como las características de tener tolerancias estrechas, y ambos incluyen elementos de sellado para garantizar que no se derrame líquido en la conexión de la manguera y el accesorio. Los acoplamientos hidráulicos se utilizan en aplicaciones en las que es necesario conectar mangueras y accesorios, pero también es necesario retirarlos rápidamente con muy poco trabajo si es necesario. Por lo general, los encontrará en la mayoría de los sistemas de gas y fluidos, como instalaciones de riego, hidráulicas y neumáticas. Los acoplamientos hidráulicos se utilizan principalmente en aplicaciones de alta presión, como en los sistemas de aceite (Cadavir, 2020).

1.10.2. Consideraciones técnicas

Debido a que estos productos deben poder manejar altas presiones y situaciones únicas, la diferencia entre un buen acoplador hidráulico y uno excelente puede significar la diferencia entre un sistema final bien hecho y uno que deja mucho que desear. Debido a que cada aplicación tendrá su propio conjunto de requisitos y necesidades, es importante discutir su proceso y aplicación en detalle con el fabricante de acoplamientos hidráulicos de su elección. Esto asegurará que reciba el producto correcto que agregará el mayor valor a su proceso. También es una excelente manera de averiguar qué categoría de acoplamiento hidráulico necesita, un acoplamiento de tornillo convencional o un acoplamiento hidráulico de liberación rápida (Cadavir, 2020).

2. CAPÍTULO II: DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

2.1. INTRODUCCIÓN

Como se determinó en el objetivo principal, este proyecto se basa en el diseño y construcción de un banco de pruebas hidráulico, que permita demostrar el diseño, la construcción y la aplicación de componentes y circuitos hidráulicos.

Integra tecnología para construir sistemas híbridos de Automatización Industrial con componentes y módulos Hidráulicos. La tecnología hidráulica se encuentra en numerosas áreas de la ingeniería. Con este banco de estudio los estudiantes podrán estudiar los "bloques de construcción" básicos de la hidráulica moderna y cómo se interconectan para formar sistemas. Los sistemas hidráulicos proporcionan la energía necesaria para controlar la maquinaria de formación de metales, los sistemas de transporte, los bancos de prueba de componentes, las fundiciones y las plantas de metales primarios, las prensas, incluidos los cojines, los embragues y los frenos, los sistemas de ensamblaje automatizados, los sistemas de empaque, las industrias naval, el manejo de materiales y sistemas robóticos proporciona flexibilidad para diseñar y construir numerosos sistemas utilizando software e interfaces de E/S sin cambios en las conexiones cableadas.

2.2. ACEITE HIDRÁULICO

El aceite hidráulico es un fluido no compresible que desempeña un papel fundamental para el buen funcionamiento de los sistemas hidráulicos. Además de su papel principal para la transferencia de energía, tiene varias funciones secundarias: eliminación de la contaminación, sellado y lubricación.

Para el diseño de este equipo se usará un aceite hidráulico anti desgaste ISO 68, este debido a sus propiedades ayuda a reducir los daños causados por el contacto metal con metal de los componentes hidráulicos como los pistones y bombas.

El Aceite Hidráulico Anti desgaste (AW) ISO VG 68 ha sido diseñado y desarrollado para usarse en sistemas de control y de transmisión de potencia hidráulica. Este lubricante está diseñado para proteger de manera sobresaliente a cualquier tipo de rodamientos y engranes contra el desgaste provocado por fricción en sistemas con circulación de aceite, por salpique, bañados o con anillo de lubricación. El Aceite Hidráulico Anti desgaste (AW) ISO VG 68 está formulado con aceites básicos vírgenes de alto grado de refinación, los cuales incorporan un paquete de aditivos para mejorar sus propiedades anti desgaste, antioxidantes, anticorrosivas, antiespumantes y de liberación del aire atrapado, así como su punto de escurrimiento. Este lubricante de la clase HLP, asegura un desempeño adecuado cubriendo de manera sobresaliente las exigentes especificaciones de fabricantes de equipo hidráulico a nivel mundial.

2.2.1. Propiedades y beneficios

- Lubricante especialmente formulado para proteger las superficies metálicas del desgaste cuando el sistema es operado bajo condiciones de ligeras a severas mejorando la vida útil de sus equipos.
- Protege a todas las partes de precisión del sistema hidráulico de los efectos de la herrumbre y la corrosión cuando se operan en ambientes húmedos.
- El grado de viscosidad ISO VG 68 contribuye a disminuir sustancialmente los costos de operación en planta, mejorando su rentabilidad de acuerdo con su capacidad de servicio (tiempo de vida).
- Su alto valor de índice de viscosidad le permite contar con una excelente capacidad de operación dentro de un amplio rango de temperaturas.

- Elevada estabilidad térmica e hidrostática que proporciona un óptimo desempeño permitiendo una mínima pérdida de la viscosidad y una degradación mínima del producto lubricante.
- Gran resistencia a la oxidación reduciendo el espesamiento del aceite y la formación de lodos provocados por las altas temperaturas de operación.
- Sus propiedades antiespumantes disminuyen la presencia de aire atrapado evitando la cavitación de las bombas hidráulicas, lo que proporciona una operación más suave mejorando la eficiencia del sistema.
- Excelentes propiedades de separación del agua (demulsibilidad) asegurando una capacidad de filtración adecuada en la presencia de la contaminación por agua.
- Excelente compatibilidad con los materiales de fabricación de sellos y materiales especiales previniendo las pérdidas por fugas de aceite del sistema

Tabla 1. Físicoquímica aceite hidráulico anti desgaste ISO VG 68

	MÉTODO ASTM D	VALORES TÍPICOS
Apariencia a Temperatura Ambiente	Visual	Brillante
Color ASTM	1500	2.0
Viscosidad Cinemática @ 40 °C, mm ² /s (cSt)	445	68.00
Viscosidad Cinemática @ 100 °C, mm ² /s (cSt)	445	8.493
Índice de Viscosidad	2270	94
Densidad @ 15.6 °C, kg/L	1298	0.8739
Punto de Inflamación, °C	92	220
Punto de Escurrimiento, °C	97	-9
Número de Acidez (AN), mg KOH/g	974	0.30
Características Espumantes, ml/ml	892	
Secuencia I		0/0
Secuencia II		20/0
Secuencia III		0/0
Corrosión de Lámina de cobre, 3h @ 100 °C	130	1a
Características preventivas a la herrumbre	665 A&B	Aprobado

2.3. CÁLCULO DE CAUDAL

2.3.1. Cilindros hidráulicos

Para el cálculo se tomó en cuenta las características mínimas y máximas en 3 cilindros.

Tabla 2. Características Cilindro hidráulico de 5 toneladas

CILINDROS	MIN
Diámetro interior:	50mm
Carrera:	90mm
Presión de trabajo mínima:	14-30 bar
Velocidad:	0.3 M/S
Temperatura de trabajo:	-25 A 80 ^a
Fluido:	Aceite mineral

Conociendo la configuración de los pistones junto con la información de estos y el caudal máximo de la bomba se pueden realizar el cálculo de la velocidad mínima del sistema la cual es cuando los actuadores están trabajando. Recordando que para el gasto del caudal necesario se puede calcular partiendo de la velocidad de avance el vástago y el área del cilindro entonces se tiene que la velocidad mínima del sistema cuando todos los actuadores están activos es:

$$50\text{mm} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} = 0.05\text{m}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (Di)^2 = \frac{\pi}{4} (0.05)^2 = 0.0019 \text{ m}^2$$

Debido a que el caudal Q_a es el de un solo actuador, y teniendo en cuenta que los pistones son 3 y manejan la siguiente configuración:

- Se encuentra la velocidad mínima ya que es cuando todos los equipos están activos al tiempo, por lo cual la velocidad puede aumentar si se usan en intervalos de tiempo diferentes. Para este proyecto se asumen que se necesitan 30 segundos debido a la salida del vástago y el consumo de aceite.

$$v = \frac{L}{t} = \frac{0.09 * 3}{30} = 0.009 \text{ m/s}$$

- Entonces el caudal calculado es:

$$Q_{max} = V * A = 0.009 \text{ m/s} * 0.0019 \text{ m}^2$$

$$Q_{max} = 0.0000171 \text{ m}^3/\text{s} \approx 1.06 \text{ LPM}$$

2.4. CÁLCULO DE LA BOMBA

Para la elección de la bomba se deben comparar unos factores importantes como son el rango de presión, rango de velocidad, eficiencia y su capacidad. En la siguiente tabla muestra esta comparación en los diferentes tipos de bombas

Tabla 3. Tipos de bombas.

Tipos de bomba	Rango de presión (psi)	Rango de Velocidad (rpm)	Eficiencia total (%)	Capacidad (gpm)
Engranés externos	1900-3100	1200-2500	81- 92	1-150
Engranés internos	500-2100	1200-2500	72-87	1-200
Paletas	1000-2000	1200-1800	82-93	1-80
Pistones auxiliares	2000-12000	1200-3000	90-98	1-200
Pistones radiales	3000-12000	1200-1800	87-97	1-200

El tanque de almacenamiento que se usará será de 25 litros.

2.6. CÁLCULO DEL MOTOR

El motor se selecciona en función de la bomba. Para esta aplicación la mayoría de las bombas de paletas poseen eficiencias del 80%. Se usará el factor de conversión 1714 para convertir caballos de fuerza hidráulicos en HP.

$$N = \frac{P(O) * Q(gpm)}{1714 * \eta} \quad (2)$$

$$N = \frac{1015 \text{ PSI} * 0.27 \text{ GPM}}{1714 * 80} = 0.0019 \approx 0.19 \text{ HP}$$

Se selecciona un motor monofásico de 1 HP a 220 VAC.



Figura 31. Motor Eléctrico Weg Monofásico 110/220v

Tabla 4. W22 Monofásico. (Trujillo, 2022)

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (kgfm)	Corriente con rotor trabado Ii/In	Par con rotor trabado Ti/Tn	Par Máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)	Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	% de la potencia nominal						Corriente nominal In (A)	
kW	HP											Rendimiento			Factor de potencia			220 V	440 V
II Polos												50	75	100	50	75	100	220 V	440 V
0,12	0,16	63	0,041	3,3	0,7	2,1	0,0002	20	9,0	47	2820	33,0	43,0	51,0	0,80	0,86	0,92	1,16	0,580
0,18	0,25	63	0,061	6,5	2,6	2,5	0,0002	5	10,3	47	2890	37,2	47,8	54,5	0,82	0,88	0,90	1,67	0,835
0,25	0,33	63	0,085	5,8	2	2,1	0,0002	5	10,5	47	2870	43,1	53,6	59,5	0,76	0,85	0,95	2,02	1,01
0,37	0,5	71	0,123	8,5	2,4	2,9	0,0005	6	13,0	57	2930	51,0	62,0	69,5	0,72	0,82	0,86	2,82	1,41
0,55	0,75	71	0,183	7,5	2,2	2,2	0,0006	5	13,5	57	2920	52,8	63,5	71,5	0,87	0,94	0,97	3,61	1,80
0,75	1	80	0,251	7,6	2,1	2,4	0,0010	9	18,0	62	2915	60,5	71,7	75,0	0,62	0,84	0,89	5,11	2,56
1,1	1,5	80	0,374	6,3	2,3	2,0	0,0011	11	19,0	62	2865	69,0	77,9	78,6	0,70	0,91	0,94	6,77	3,39
1,5	2	90S	0,504	7,3	2	2,2	0,0022	7	24,0	66	2900	73,9	79,2	80,0	0,85	0,90	0,94	9,07	4,54
2,2	3	90L	0,740	6,8	2,3	2,1	0,0028	6	27,0	66	2895	75,5	80,0	80,0	0,90	0,93	0,96	13,1	6,53
3	4	100L	1,01	6,1	1,95	2,1	0,0070	6	40,0	69	2895	75,0	80,5	81,0	0,89	0,95	0,96	17,5	8,77
3,7	5	112M	1,24	8,0	2,4	2,5	0,0095	6	48,5	69	2910	82,0	85,2	85,0	0,93	0,95	0,97	20,4	10,2
5,5	7,5	132M	1,85	7,7	2,4	2,6	0,0234	6	71,0	69	2900	80,7	84,7	85,0	1,00	1,00	0,99	29,8	14,90
7,5	10	132M	2,50	9,0	1,8	3,1	0,0288	6	80,0	69	2920	82,7	85,8	86,0	0,94	0,96	0,97	41,0	20,50
9,2	12,5	132M/L	3,07	8,5	1,7	2,9	0,0342	6	88,5	69	2920	86,1	88,3	88,0	0,99	0,99	0,99	48,0	24,0

Debido a que este motor va a estar conectado a un sistema automatizado, se instala para el control del motor 1 Variador De Frecuencia Velocidad Monofásico. MODELO LSLV MARCA LS 1HP.



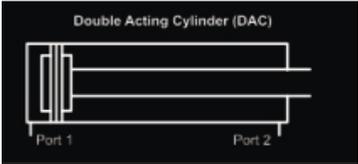
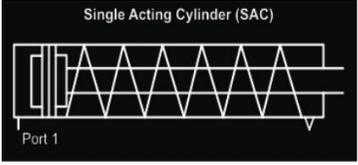
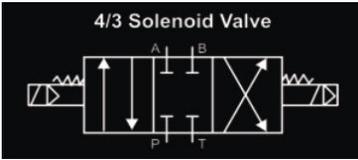
Figura 32. Variador De Frecuencia 1hp Ls A 204. (Kacperek, 2023)

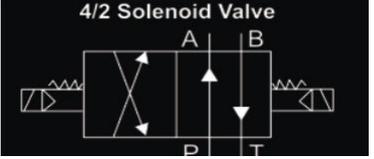
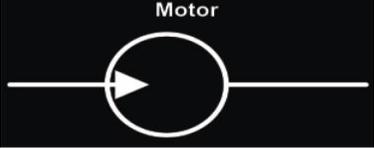
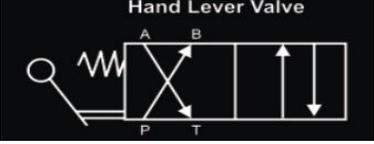
2.7. FILTRO

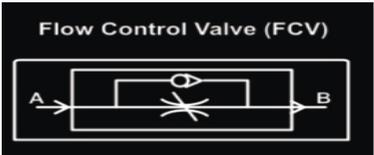
Para la unidad de potencia se tomó como un diseño el cual cuenta con un filtro de aspiración interno de baja presión lo cual es más económico por no requerir soportar altas presiones, lo cual es un filtro con flujo proporcional de localización simple. Este es un filtro hidráulico de metal de 10 micrones.

2.8. ACCESORIOS

Tabla 5. Accesorios.

CANT	PIEZA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
1	Cilindros de doble efecto	14-30 BAR, 1/4"	 
1	Cilindro de un efecto	14-30 BAR, 1/4"	 
1	Válvula Solenoide	4/3 (4P – 3V), Bobina doble 14-30 bar	 

1	Válvula Solenoide 2	4/2 (4P – 2V), Bobina única- 14-30 bar	 
1	Motor hidráulico	Bidireccional ¼" -14-30 bar	 
1	Válvula de control de dirección con operación de palanca manual	4/2 (4P – 2V), ¼" - 14-30 bar	 
1	Múltiple de bloque:	- ¼", 4 vías	 

1	Válvula de control de flujo	¼"- 14-30 bar	 
1	Manómetro	¼"- 0-70 bar	 

2.9 ANÁLISIS DE COSTOS

CANTIDAD	PIEZA	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Interruptores de palanca	-	50
5	Luces piloto	-	20
1	Variador de frecuencia	-	350
1	Manómetro	0 a 70 bar ¼	30
1	Estructura Metálica	Acero inox.	500
1	Contactador	50AMP	20
1 rollo	Cables #12 THHS FLEX	12AWG	50
1	Depósito de aceite	4gal.	250
1	Motor de 1hp	Weg	450
1	Bomba hidráulica de engranes	Bidireccional ¼" -14-30 bar	300
1	Visor de nivel de aceite	-	20
1	Filtro de succión	-	20
1	Filtro de descarga	-	20
1	Electroválvula con base	4/2	150
1	Electroválvula	4/3	200
6	Mangueras de alta presión	2610 psi/ 720 bar	200
1	Válvula de palanca	4/3	150
1	Válvula reguladora de presión	14 a 30 bar de ¼	45
1	Múltiple de bloque	4 vías	50
1	Cilindro doble efecto	14 a 30 bar de ¼	350
1	Cilindro simple efecto	14 a 30 bar de ¼	300
3	Relés	120v	50
1	Selector 3 posiciones	-	5
4	Pulsadores	-	10
1	Botón de paro de emergencia	-	5
1	Breaker	50 amp	25
1	Breaker	20 amp	15
1	Bornera	12	10
10	Prensaestopas	½	10

13	Acoples rápidos hidráulicos	½	65
1	Paquete de terminales	-	5
1	Paquete de amarras plásticas	-	3.5
1	Cinta aislante	-	1.5
1	Aceite	Caneca, ISO 68	85
1	Costo de envío de materiales		100
1	Transporte		50
1	Soldaduras 6011, 308 Disco de corte, disco de lija		80
4	Ruedas		50
1	Fondo		15
1	Pintura gris anticorrosiva	1 galón	40
	Mano de obra		500
	TOTAL		\$4,650

Tabla 6. Lista de Materiales varios

3 CAPÍTULO III: MONTAJE Y GUÍA PRÁCTICA

3.1 ESTRUCTURA



Figura 33. Diseño + elaboración de estructura



Figura 34. Doblado de plancha

3.2 MONTAJE DE LA CENTRAL HIDRÁULICA

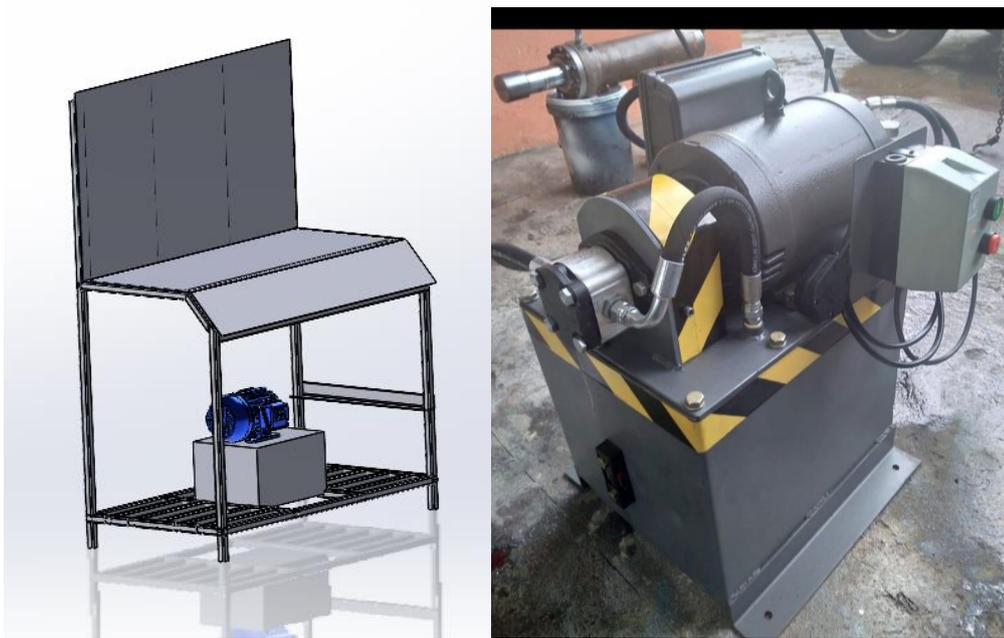


Figura 35. Central hidráulica

3.3 MONTAJE DE EQUIPOS



Figura 36. Proceso de montaje de equipos

3.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS



3.5 PLANOS

Figura 38. Diagrama eléctrico

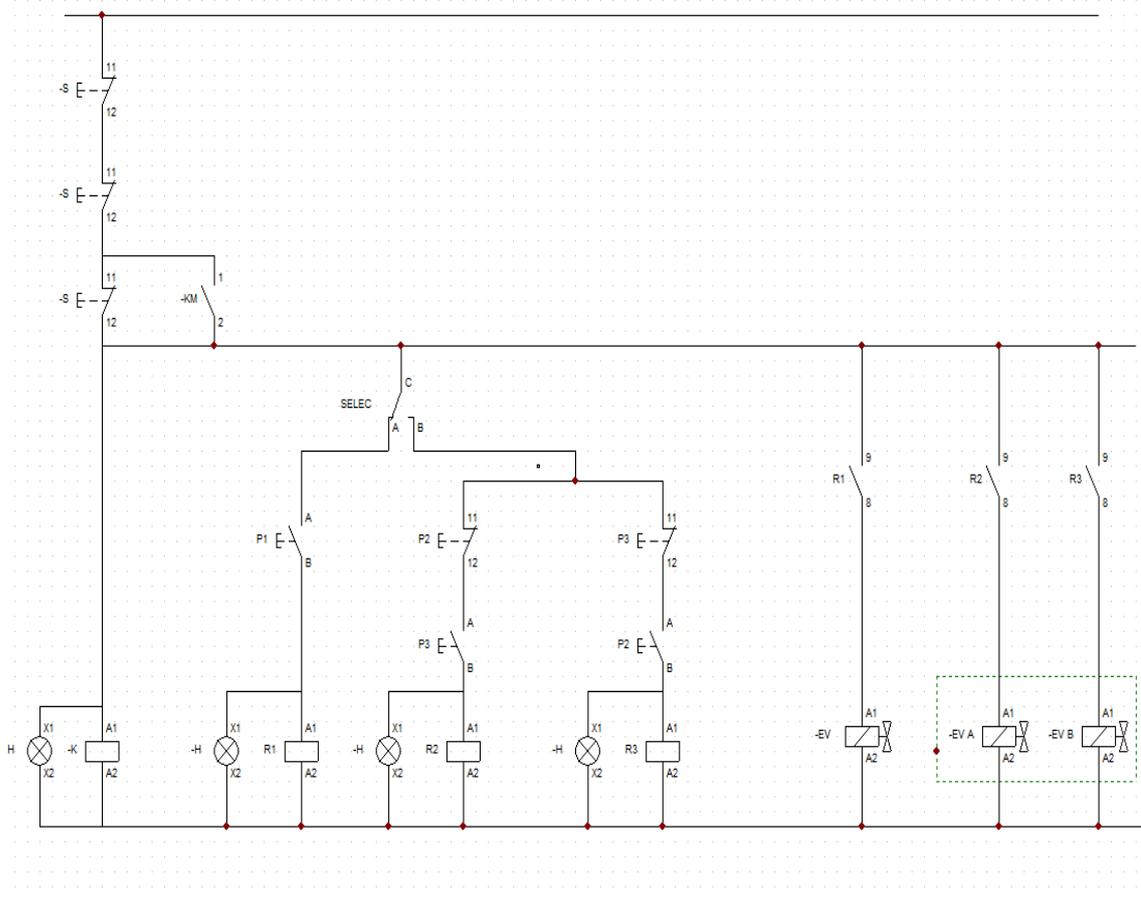
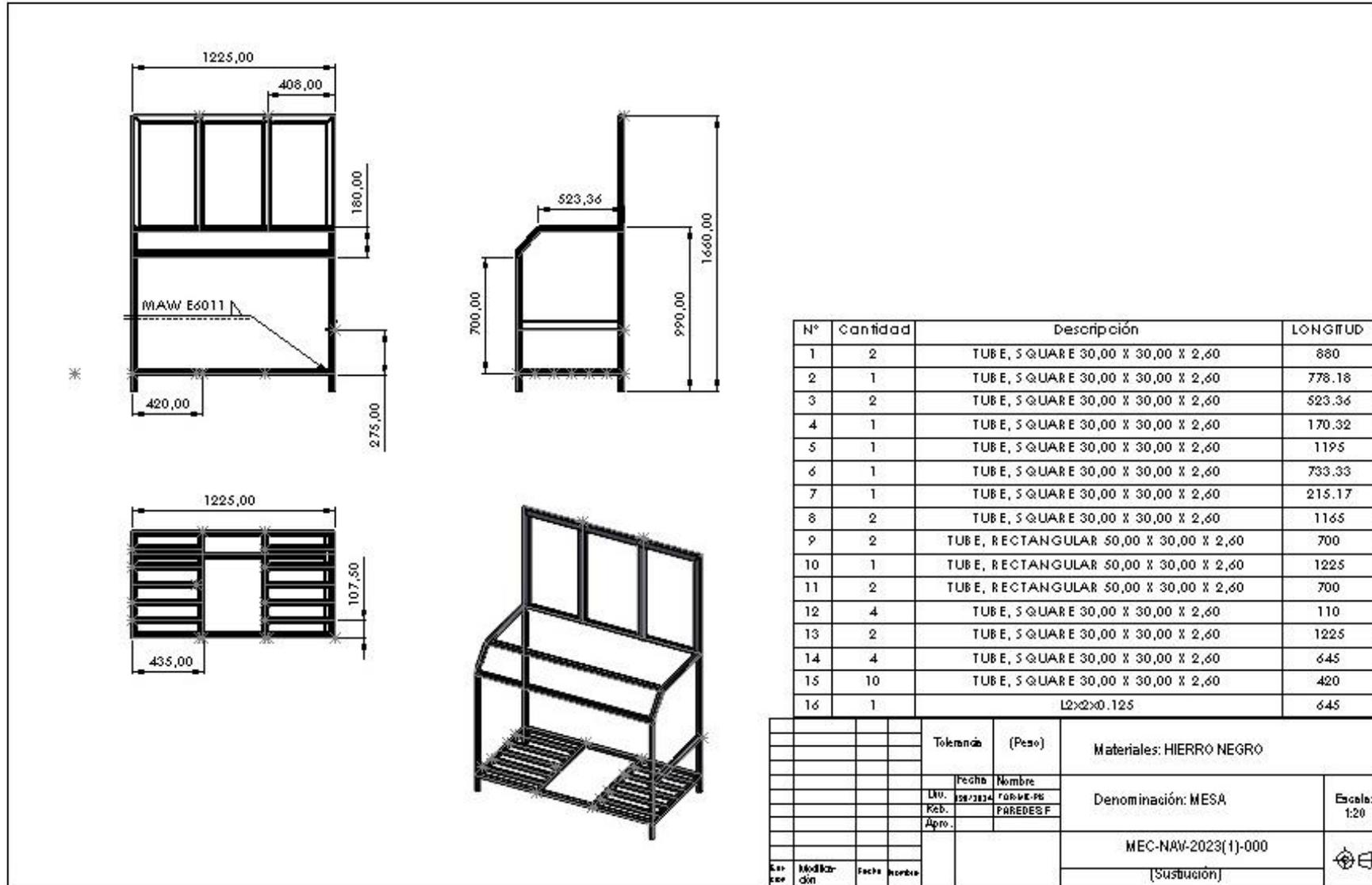


Figura 39. Planos estructurales



3.6 GUÍA DE PRÁCTICAS

3.6.1 Práctica 1.- Cilindro hidráulico de simple efecto mediante 4/3 centro tándem

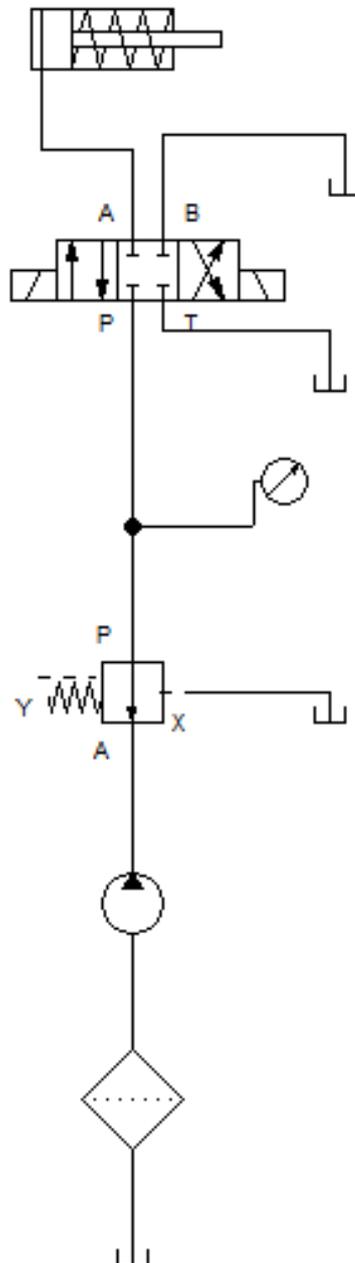


Figura 40. Práctica 1- Cilindro hidráulico de simple efecto mediante 4/3 centro tándem

3.6.2 Práctica 2: Control de cilindro hidráulico simple efecto mediante válvula manual de palanca 4/3 centro tándem

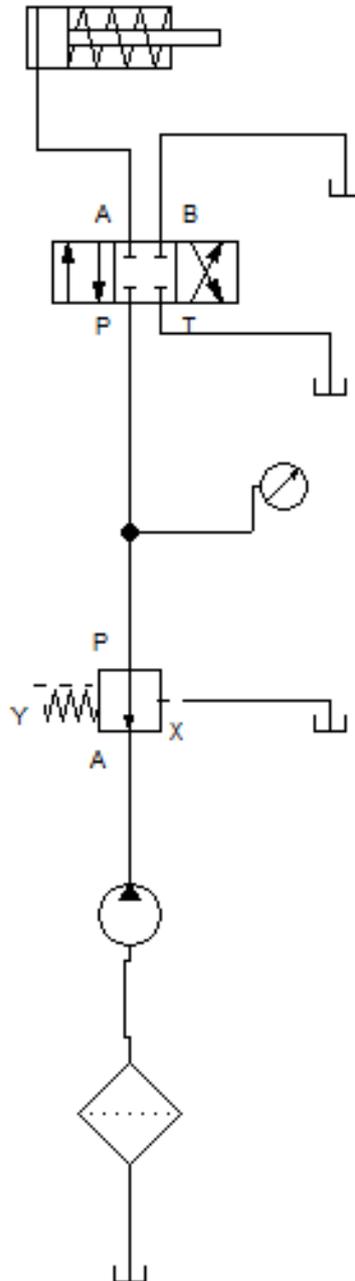
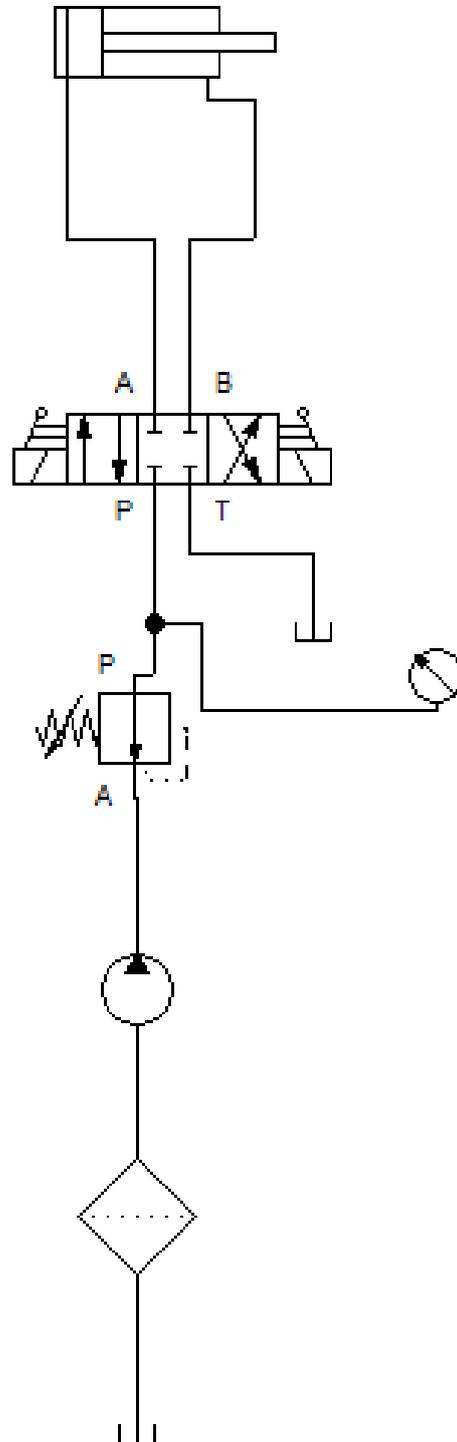


Figura 41. Práctica 2: Control de cilindro hidráulico simple efecto mediante válvula manual de palanca 4/3 centro tándem

3.6.3 Práctica 3: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante válvula manual de palanca 4/3 centro tándem.



3.6.4 Práctica 4: Control de cilindro hidráulico simple efecto mediante electroválvula 4/2.

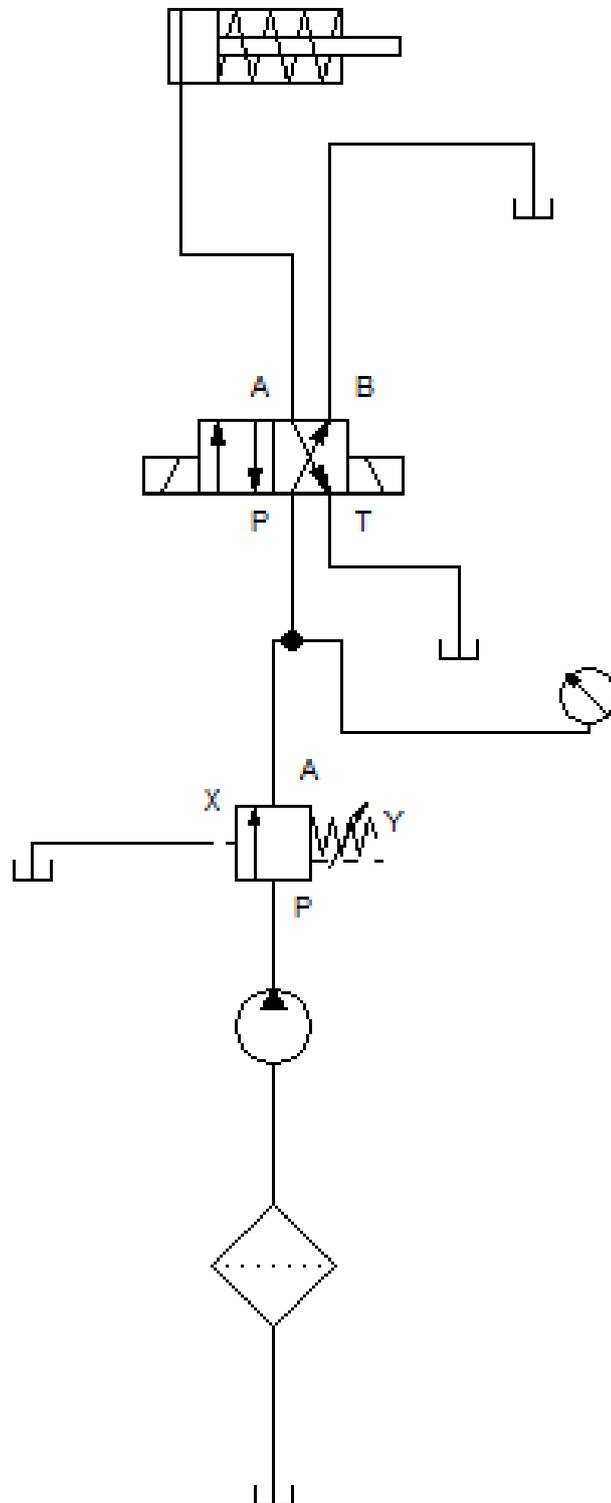


Figura 43. Práctica 4: Control de cilindro hidráulico simple efecto mediante electroválvula 4/2.

3.6.5 Práctica 5: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante electroválvula 4/2.

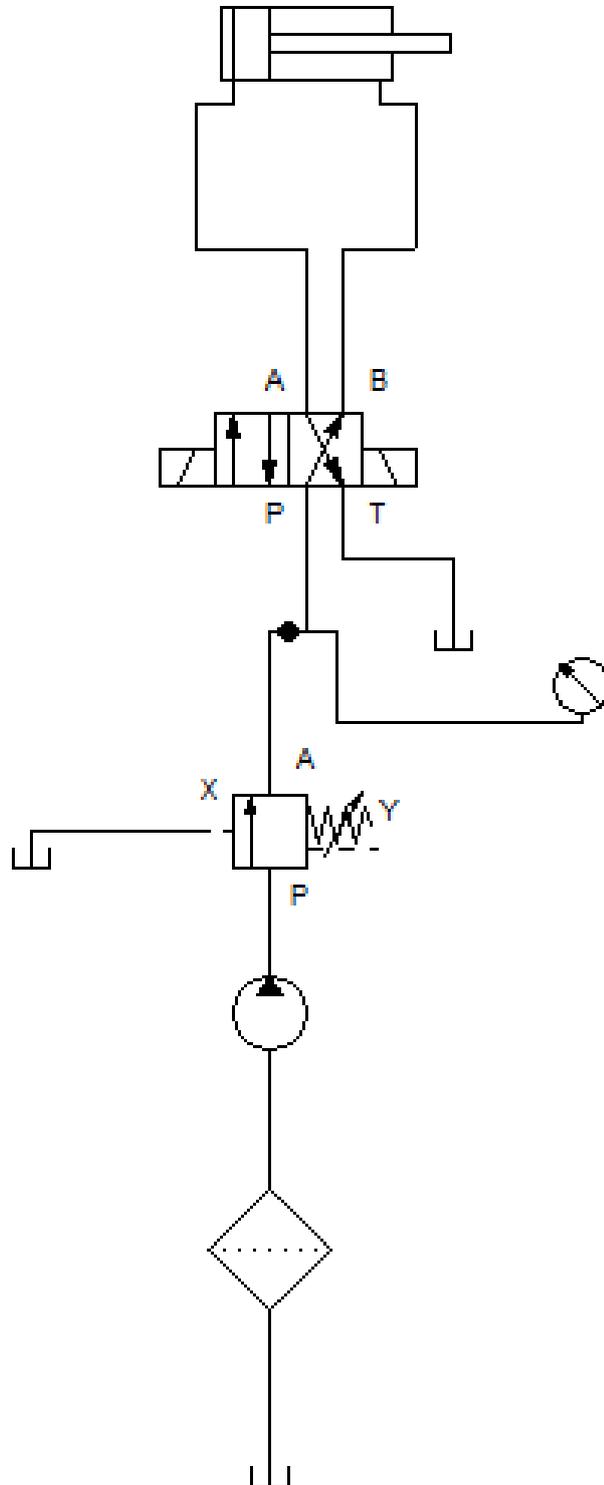


Figura 44. Práctica 5: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante electroválvula 4/2.

3.6.6 Práctica 6: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante electroválvula 4/3.

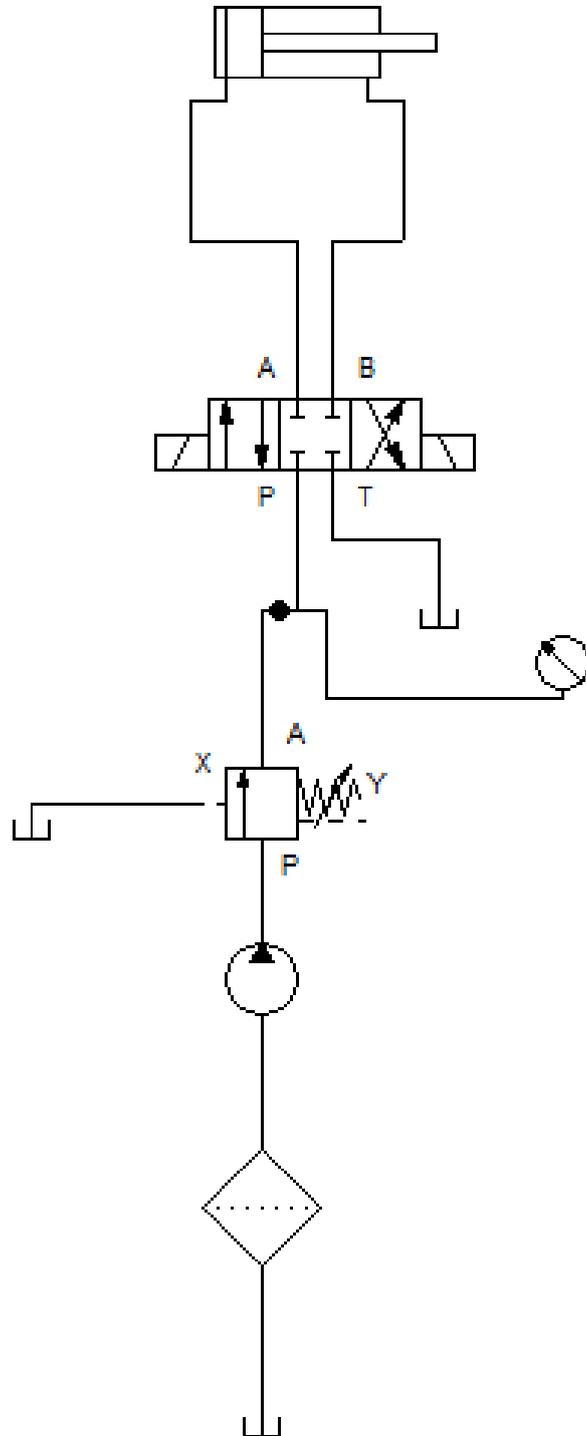


Figura 45. Práctica 6: Control de cilindro hidráulico doble efecto mediante electroválvula 4/3.

3.7 GUÍA DE MANTENIMIENTO.

Manual de Mantenimiento del Banco de Control Electrohidráulico

Introducción.

Este manual describe las instrucciones y procedimientos para realizar el mantenimiento del banco de control electrohidráulico. El objetivo es asegurar que el equipo funcione correctamente y de manera segura.

3.7.1: Inspección Visual

- Revisar el equipo en busca de signos de desgaste, daños o corrosión.
- Verificar que todos los componentes estén correctamente conectados y asegurados.

3.7.2: Filtros y Purificadores

- Revisar y reemplazar los filtros de aceite y fluido hidráulico según sea necesario.
- Verificar que los purificadores de aire estén limpios y funcionen correctamente.

3.7.3: Sistema Hidráulico

- Verificar que el sistema hidráulico esté libre de fugas y daños.
- Reemplazar cualquier componente dañado o desgastado.
- Verificar que la presión del sistema hidráulico esté dentro de los límites especificados.

3.7.4: Sistema Eléctrico

- Verificar que el sistema eléctrico esté libre de daños o cortocircuitos.
- Reemplazar cualquier componente dañado o desgastado.

- Verificar que la tensión eléctrica esté dentro de los límites especificados.

3.7.5: Pruebas y Ajustes

- Realizar pruebas de funcionamiento del equipo para asegurarse de que esté funcionando correctamente.
- Ajustar los parámetros del equipo según sea necesario.

3.7.6: Registro y Documentación

- Registrar todas las actividades de mantenimiento y reparación.
- Mantener un historial de mantenimiento del equipo.

CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo de diseñar y construir un banco de pruebas electrohidráulicas para cilindros de simple y doble efecto, con ello los estudiantes podrán poner en práctica los conocimientos teóricos de esta rama de la ingeniería como es la electrohidráulica. El banco de pruebas cuenta con equipos manuales y automatizados para ejecutar las diferentes formas para realizar la prueba de funcionamiento de un cilindro.
- Durante las pruebas realizadas se hicieron todas las simulaciones necesarias, para verificar que el equipo se encontraba operativo. En la parte eléctrica se puso a prueba el control térmico, también se verificó que no exista sobrecarga de voltaje ni amperaje. En cuanto al sistema hidráulico se realizó una inspección visual, para descartar cualquier fuga de aceite hidráulico.
- Los equipos seleccionados son capaces de simular condiciones reales de operación y proporcionar datos precisos sobre el desempeño de los equipos.
- Se logró construir una estructura física robusta y funcional del banco de pruebas electrohidráulico con todos los componentes instalados y completamente integrados, utilizando planos detallados diseñados en SolidWorks, lo que permitió un montaje preciso y eficiente.

RECOMENDACIONES

- Ubicar el banco de pruebas en un sitio fijo adecuado para realizar prácticas y libre de agentes extraños, como son trapos, franelas, etc.
- Uso obligatorio de implementos de seguridad industrial al momento de utilizar el banco de pruebas, como son: guantes, gafas, mandil, etc. La manipulación de los circuitos eléctrico e hidráulico, al momento de su mantenimiento u operación, debe realizarla una persona calificada en el tema.
- Además, este equipo puede ampliarse con una variedad de accesorios adicionales, lo que permite realizar una gama más amplia de pruebas y simulaciones.



ANEXOS



Ilustración 2: Doblado de plancha



Ilustración 3: Central Hidráulica



Ilustración 4: Montaje de equipos



Ilustración 5: Variador de Frecuencia

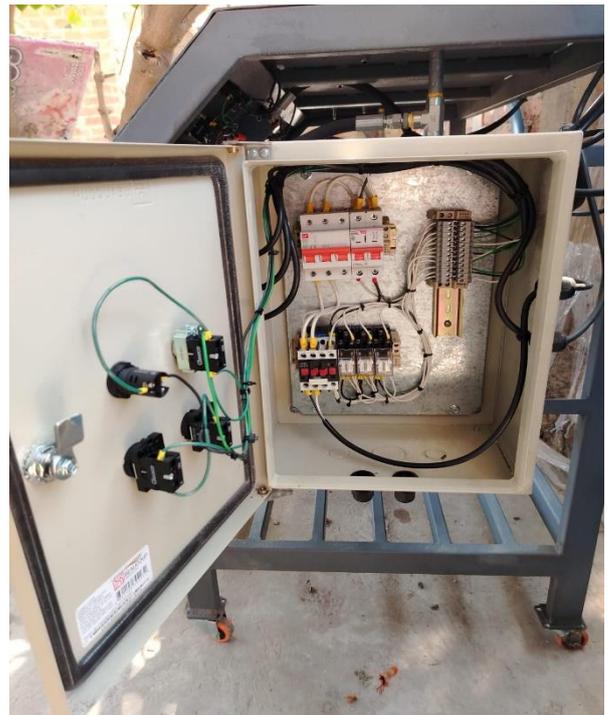


Ilustración 6: Tablero de control



Ilustración 7: Acople de tablero de control



Ilustración 8: Motor eléctrico de 1HP



Ilustración 9: Ajuste de base de motor eléctrico

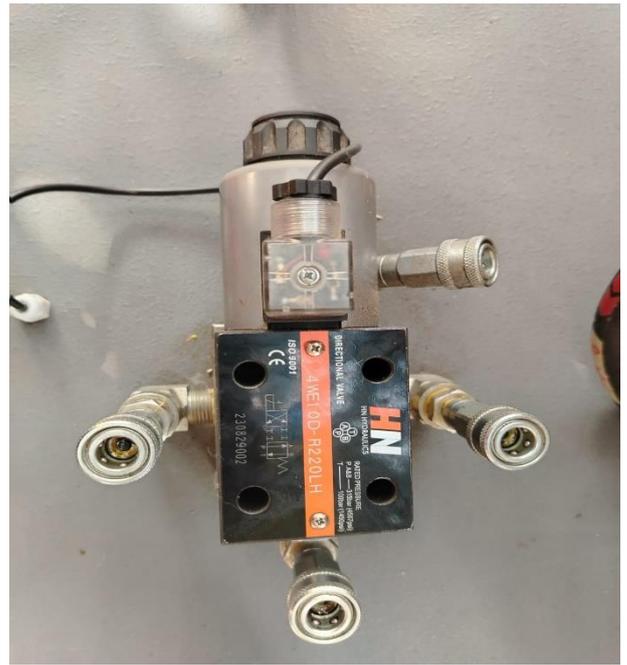


Ilustración 10: Electroválvula 4 vías/ 2 posiciones



Ilustración 11: Electroválvula 4 vías/ 3 posiciones

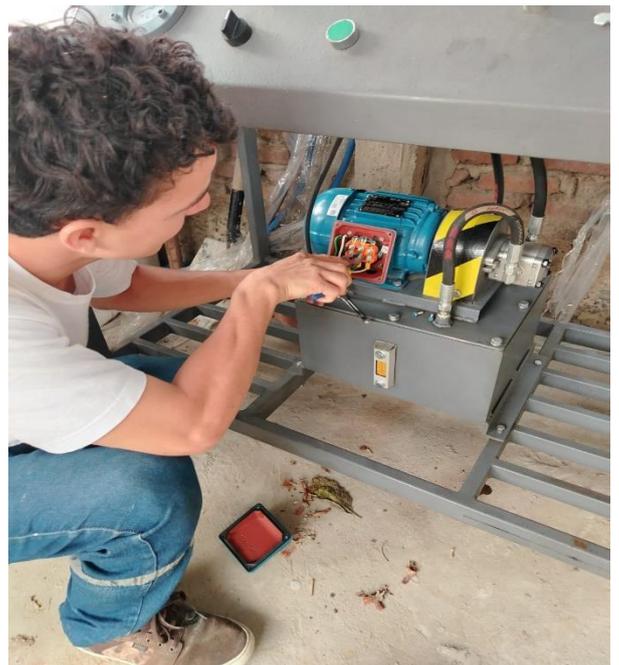


Ilustración 12: Conexión de motor 1 HP



Ilustración 15: Módulo Hidráulico



Ilustración 16: Prueba de Módulo Hidráulico



Ilustración 17: Prueba de Módulo Hidráulico



Ilustración 18: Prueba de Módulo Hidráulico

BIBLIOGRAFÍA

- Arnanz, R., García, J., & Miguel, L. (2016). Métodos de control de motores de inducción: Síntesis de la situación actual. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 13, 381-392. doi:10.1016/j.riai.2015.10.001
- Barbosa, J. (2022). *Digitalização da leitura dos dados de uma prensa hidráulica para ensaios destrutivos em laboratório de materiais de construção*. Obtenido de [Tesis de pregrado en línea] INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2476>
- Borgato, J. (2022). *Projeto e dimensionamento de uma prensa hidráulica tipo c automatizada*. Obtenido de [Tesis de pregrado en línea] Universidade Federal de Uberlândia: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/35033>
- Braulio. (3 de octubre de 2023). *Testbook*. Obtenido de <https://testbook.com/mechanical-engineering/hydraulic-motors-definition-construction-and-types>
- Caceres, D. (2023). *Optimización del proceso de reparación de cilindros hidráulicos para equipo pesado mediante la implementación del área de cromo en una empresa metalmecánica, utilizando el método de recuperación de vástago*. Obtenido de Repositorio Institucional de la UTP: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/7095>
- Cadavir, J. (2020). *Hidráulica de canales: fundamentos*. Universidad Eafit.
- Castrillón, S. (2023). *Caracterización cualitativa de una bomba recíprocante de doble efecto de operación manual*. Obtenido de Repositorio institucional Séneca: <https://hdl.handle.net/1992/73144>
- Chilig, E. (2023). *Estudio de impulsores de una bomba hidráulica de agua para que funcione como turbina: estudiar los materiales de impulsores para que una bomba hidráulica funcione como turbina*. Obtenido de Repositorio

Digital Institucional Escuela Politécnica Nacional:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24510>

- Coaquira, F. (2021). *Diseño e implementación de un variador de frecuencia de baja tensión para arranque de un motor trifásico de inducción de 200 Hp, 480 V, en planta minera Toquepala - Cuajone*. Obtenido de [Tesis de pregrado en línea] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14140>
- Cruz, A., Ortiz, M., & Farfán, J. (2019). Neumática e hidráulica. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 6(12), 105. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/article/view/4006>
- Duque, J. (12 de Diciembre de 2021). *Mecatrónica*. Obtenido de <https://www.mecatronica.com.co/2021/12/fundamentos-de-la-hidraulica.html>
- Educatronica*. (29 de mayo de 2023). Obtenido de http://educatronica.net/PG_ME/Vinueza_Ivan/Lexias/Lexia_P_2.htm
- Elephant Fluid. (19 de Agosto de 2023). *Heavyequipmentmaintain*. Obtenido de <https://www.heavyequipmentmaintain.com/products/hydraulic-piston-pump/>
- Erazo, I., Chere, B., & Anchundia, J. (2021). Diseño y modelado de un variador de velocidad para motores trifásicos en MATLAB/Simulink. *Rev Dominio de las Ciencias*, 7(6), 267-276.
- González, R., Zamudio, C., Piña, J., Trujillo, J., & Tinoco, F. (2022). Diseño de prensa hidráulica para reciclar polietileno de alta densidad (HDPE) en forma de placas. *Ciencia Nicolaita*, 86. doi:10.35830/cn.vi86.682

- Hikari, K., Gustavo da Cruz, V., Kimie, C., & Assad, N. (2020). Desenvolvimento de uma prensa hidráulica com chapa aquecedora. *Congresso Brasileiro de Engenharia de Produccion*.
- iqsdirectory*. (25 de abril de 2024). Obtenido de <https://www.iqsdirectory.com/articles/hydraulic-cylinder.html>
- Jitendra, J. G., Maity, S., & Dworak, P. (2017). PI controller design for indirect vector controlled induction motor: A decoupling approach. *ISA Transactions* 70, 70, 378-388. doi:10.1016/j.isatra.2017.05.016
- Kacperek*. (14 de Septiembre de 2023). Obtenido de <https://kacperek.com.pl/es/kategoria-produktu/automatyka/falowniki-automatyka/>
- Khalaf, G. (2013). Space vector Modulation for V/f Induction Motor Control. *Wulfenia Journal*, 20(3).
- Lima, A., Lima, A., & Cruz, F. (2023). *Proyecto de prensa Hidráulica Motorizada*. Obtenido de [Tesis de pregrado en línea] Associação Educativa Evangélica RDI-AEE: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/20723>
- M, A. (02 de Agosto de 2020). *Researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-35-Cilindro-de-doble-vastago_fig47_306057677
- MAGALHÃES, R. (27 de Junio de 2024). *Compraco*. Obtenido de <https://compraco.com.br/es/blogs/industria/valvula-com-regulacao-de-fluxo>
- Manna Chemicals & Drugs Private Limited. (11 de Abril de 2023). *Linkedin*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/hydraulic-cylinders-manna-chemicals-drugs-private-limi/>

- Martins, T., & Rodrigues, R. (2021). Los beneficios del uso de nuevas tecnologías para sistemas hidráulicos. *Boletín de Gestión*, 27(27), 50-59. Obtenido de <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/60>
- Mauricio. (16 de marzo de 2024). *Indiamart*. Obtenido de <https://www.indiamart.com/proddetail/double-acting-cylinder-25518446555.html>
- Medina. (25 de Julio de 2024). *Hidrafluid*. Obtenido de <https://www.hidrafluid.com/es/gama-completa-de-producto-hidrafluid/2370-valvula-bosch-rexroth-5-4we10x.html>
- Mendoza, R. (2020). *Diseño de una plataforma de anticipación e identificación de fallas para bombas de desplazamiento positivo de relave en la mina de Toquepala - Tacna*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12386>
- misc. (12 de Abril de 2023). *miscosrl*. Obtenido de [miscosrl: https://miscosrl.com/es/producto/bomba-de-aceite-reversible-up3-r-de-aceite-integrado-on-off-24-voltios/](https://miscosrl.com/es/producto/bomba-de-aceite-reversible-up3-r-de-aceite-integrado-on-off-24-voltios/)
- Neves, C., Akutagawa, K., Matsuda, C., & Assad, N. (2021). DESARROLLO DE UNA PRENSA HIDRÁULICA CON PLACA CALENTADORA PARA LA PRODUCCIÓN DE HOJA DE CELERON. *Sistema Electrónico de Gestión de Eventos UFGD*, 2(2).
- Nishida, L., & Días, G. (2022). ESTUDIO DE PROYECTO PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NR 12 DE UNA PRENSA HIDRÁULICA DESTINADA A PRUEBAS DE LABORATORIO. *Revista Sitefa*, 5(1), 50-59. doi:10.33635/sitefa.v5i1.227
- Ordóñez, D., Martínez, D., & Rodríguez, M. (2022). *Prototipo de aplicación web para optimizar el dimensionamiento de válvulas de control hidráulico*. Obtenido de Biblioteca Digital Minerva : <http://hdl.handle.net/10882/12389>

- Organize San. Böl. Evrenköy. (17 de agosto de 2023). *Blueascend*. Obtenido de <https://www.blueascend.com/dkp20-bomba-engranajes-hierro-fundido-grupo-20>
- Pacheco, J., & De la Hoz Galvez, G. (2021). *Diseño de una herramienta electrohidráulica para el acoplamiento de cilindros hidráulicos de maquinaria pesada*. Obtenido de Repositorio Universidad Antonio Nariño: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/4599>
- Pascal, B. (2021). *Pensamentos*. Exousia.
- Peña, F., & Toscano, J. (2019). *Diseño y construcción de una prensa hidráulica para el achatado de tubos redondos de diámetro 1 pulgada de 2 mm de espesor para la empresa CONSEG*. Obtenido de [Tesis de pregrado en línea] Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29535>
- Peña, I. (05 de Enero de 2022). *Slideplayer*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/5474339/>
- Puentes, J., & Diaz, D. (2020). *Diseño y construcción de un prototipo de una bomba de desplazamiento*. Obtenido de Repositorio Fundacion Universitaria los Libertadores: <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/88a753a8-7a24-4637-a6ff-26ad1fb9ca2d/content>
- Queiroz, A., Rocha, I., Monteiro, G., Aparecida, M., & Aparecida, R. (2019). ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA PRENSA HIDRÁULICA MEDIANTE EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS (FEM). *Revista Sitefa*, 2(1), 141-151. doi:10.33635/sitefa.v2i1.84
- Quiroz, G. (2019). *Diseño de prensa hidráulica para ensamblaje de camisetas a bloque de cilindros en el maquicentro del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Pedro Ortiz Montoya - Celendin*. Obtenido de [Tesis de pregrado en línea] Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35917>

- Rodríguez, M. (2017). *Variación de velocidad en motores asíncronos*. Obtenido de Universidad de Cantabria: <https://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Regul.%20velocidad%20asincronas.pdf>
- Rodríguez, T. (2022). *Mejoramiento de la performance de bomba de desplazamiento positivo mediante aplicación de AMEF en la Empresa AFA GROUP*. Obtenido de Repositorio de la Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112435>
- Rodriguez, M. (2020). *álisis de falla de los cilindros hidráulicos de una canasta auto descargable*. Obtenido de Repositorio Universidad Antonio Nariño: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3108>
- Ruales, A. (2021). *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. . Obtenido de Introducción a los Sistemas Hidráulicos: https://www.researchgate.net/profile/Anthony_Ruales/publication/350735315_Introduccion_a_los_Sistemas_Hidraulicos_una_Revision_Sistemtica_de_la_Literatura_Introduction_to_Hydraulic_Systems_a_Systematic_Review_of_the_Literature/links/606f49484585150fe993a
- Sánchez, S., Pineda, G., & Tangirala, K. (2020). Diseño, fabricación e instalación de una prensa hidráulica manual. *TEPEXI Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 7(13), 9-12. doi:10.29057/estr.v7i13.5131
- Splendor, P. (2019). *O estudo de uma estratégia de manutenção para uma prensa hidráulica-pneumática*. Obtenido de [Tesis de pregado en línea] Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/197423>
- Trujillo. (19 de enero de 2022). *TrujilloDuqueFerreterias*. Obtenido de <https://trujilloduqueferreterias.com.ec/?producto=motor-electrico-3hp-1800rpm-trifasico>

- Tubúrcio, M. (2020). *ADEQUAÇÃO DE PRENSA HIDRÁULICA VERTICAL COMPACTADORA DE PAPELÃO A NR-12*. Obtenido de [Tesis de pregrado en línea] Repositorio Unis: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1511>
- Usquiza, B., Silva, M., & Olivares, S. (2022). Rendimiento de una bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 5(2), 37-41. doi:10.25127/ucni.v5i1.887
- Uthui, M. (2022). *Dimensionamento de um accionamento eléctrico para uma prensa hidráulica da Ermoto, Lda*. doi:<http://monografias.uem.mz/handle/123456789/3125>
- Vera, J. (2020). *Automatización De La Válvula De Control Con Actuador Electra Hidráulico Para La Mejora De Precisión Del Área De Filtración, Ptar Santa Clara Sedapal 2020*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur : <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/906>
- Zamora, J. (2021). *Diseño e Implementación de una Prensa Hidráulica de Platos Calientes para el Conformado de Membranas Poliméricas utilizadas como Electrolitos en Pilas de Combustible*. Obtenido de [Tesis de posgrado en línea] Universidad Politécnica de Valencia: <http://hdl.handle.net/10251/176975>

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 2 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Naval de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría de los estudiantes Mieles Intriago Dayan Javier, Espinoza Torres Bryan Alexis y Pisco Fernández José Joel, legalmente matriculados en la carrera Ingeniería Mecánica Naval, período académico 2024, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de proyecto técnico, cuyo tema del proyecto es “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL ELECTROHIDRAULICO DEL TALLER MECANICO DE LA CARRERA DE INGENIERIA MARITIMA.”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 30 de Julio de 2024.

Lo certifico,



Firmado electrónicamente por:
**FRANCISCO JAVIER
PAREDES MERA**

Francisco Javier Paredes Mera
Docente Tutor