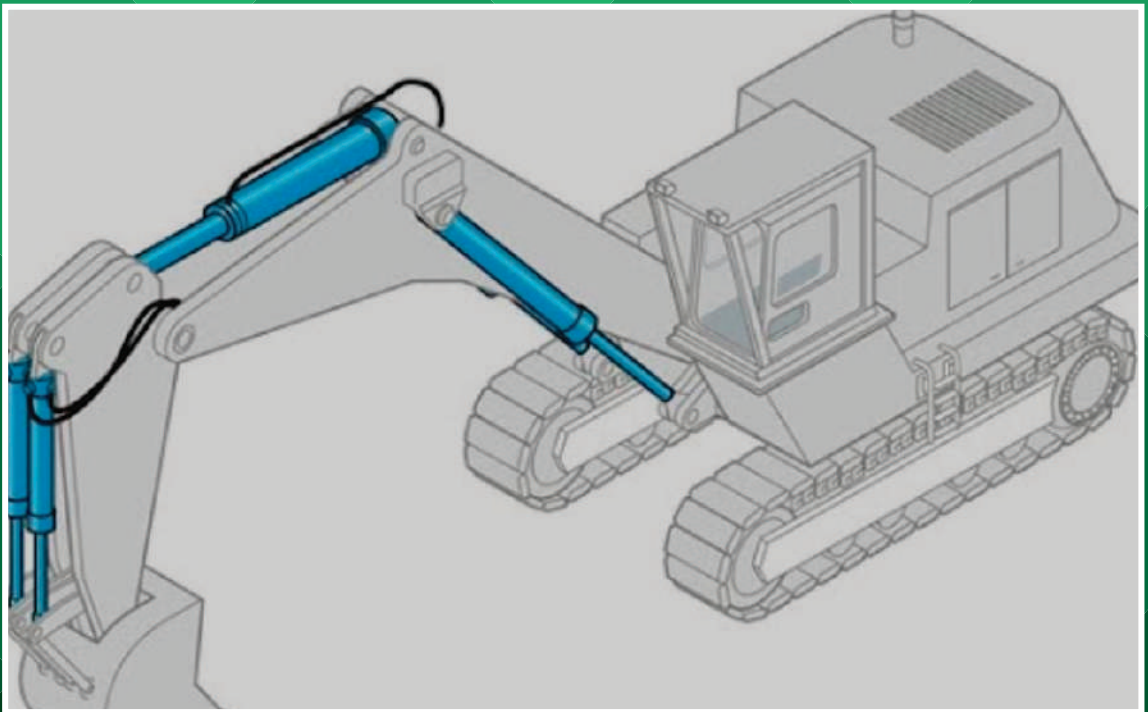


INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS APLICADOS A MAQUINARIAS DE CONSTRUCCIÓN



AUTORES:

JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARÍA
SANTIAGO ISAAC SOLÍS SANTAMARÍA
TANNIA MAGALLY SOLÍS SANTAMARÍA
ALEX SANTIAGO CEVALLOS CARVAJAL

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS APLICADOS A MAQUINARIAS DE CONSTRUCCIÓN

AUTORES:

JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARÍA
SANTIAGO ISAAC SOLÍS SANTAMARÍA
TANNIA MAGALLY SOLÍS SANTAMARÍA
ALEX SANTIAGO CEVALLOS CARVAJAL

Título de la obra

Editor:

Ing. Omar Mejía Flores., Mgtr.

Autores

JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARÍA
SANTIAGO ISAAC SOLÍS SANTAMARÍA
TANNIA MAGALLY SOLÍS SANTAMARÍA
ALEX SANTIAGO CEVALLOS CARVAJAL

Corrección Idiomática – Estilo

Lic. Patricia García Basurto., Mgtr.

© 1RA. EDICIÓN: Julio 2024

ISBN Digital: 978-9942-48-040-8

No. de Registro de derecho de Autor SENADI:

Edición – Impresión:

Edicumbre Editorial Corporativa

Dirección: Grecia N32-175 y La Granja - Edf.: NOGAL PISO 2

Telf.: 098 385 5681

E-mail: edicumbreeditorial@hotmail.com

Diseño de Portada:

Edicumbre Editorial Corporativa

Diseño Interior:

Edicumbre Editorial Corporativa

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo por escrito del Editor.

Esta obra ha sido revisada y evaluada por investigadores externos, por sistema de doble ciego.

DEDICATORIA

Dedicado a quienes dominan la ciencia de la Hidráulica, transformando su poder en progreso y sustentabilidad.

Javier

A Todos los ingenieros que con su esfuerzo y dedicación transforman el flujo de ideas en soluciones hidráulicas para un mundo mejor.

Santiago

Dedicado a los ingenieros y técnicos que, con su pericia en la hidráulica, mantienen en movimiento los corazones de maquinarias

Tannia

A Dios por sus infinitas bendiciones, A mis padres y mi esposa por su apoyo incondicional en todos los ámbitos.

Alex

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, a mis colegas por sus valiosas contribuciones y a todas las instituciones que brindaron su colaboración técnica. Este libro es un esfuerzo conjunto dedicado a todos los profesionales de la hidráulica.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a los estudiantes y profesionales de la hidráulica, quienes con su curiosidad y dedicación continúan impulsando el avance de esta disciplina. Este libro está dedicado a ustedes, con la esperanza de que sirva como una herramienta útil en su desarrollo y práctica profesional

Javier

Agradezco a mi familia por su inagotable apoyo y paciencia. A mis colegas y mentores, cuyo conocimiento técnico en sistemas hidráulicos y su compromiso con la excelencia fueron fundamentales en la creación de este libro. A las universidades y laboratorios que proporcionaron acceso a equipos de prueba y simulación, y a las empresas del sector automotriz que compartieron sus experiencias y datos técnicos. Este libro es un reflejo del esfuerzo colaborativo en el campo de la hidráulica.

Santiago

Agradezco especialmente a mi familia, por su apoyo incondicional y paciencia durante el proceso de investigación y redacción. Su comprensión y ánimo fueron fundamentales para completar este proyecto.

Tannia

A todas las personas que de una u otra manera me han apoyado y me han ayudado a que este proyecto se realice

Alex

BIOGRAFÍA

JAVIER MILTON SOLIS SANTAMARIA



Magister en Ingeniería Mecánica Mención Sistemas de Transporte – Escuela
Politécnica Nacional

Ingeniero Automotriz – Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Facultad de
Mecánica

<https://orcid.org/0000-0002-9291-1906>

SANTIAGO ISAAC SOLÍS SANTAMARÍA



Magister en Manufactura y Diseño Asistidos por Computadora – Universidad
de las Fuerzas Armadas ESPE Matriz

Ingeniero en Electromecánica – Escuela Politécnica del Ejército

Docente Tiempo completo Departamento de Ciencias de la Energía y
Mecánica – Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga

<https://orcid.org/0000-0001-5329-8339>

TANNIA MAGALLY SOLIS SANTAMARIA



Magister en Mecánica mención en Manufactura – Universidad Técnica de
Ambato

Ingeniera Civil – Universidad Técnica de Ambato

Especialista Mantenimiento Equipamiento e Infraestructura – Gobierno
Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato

<https://orcid.org/0000-0001-5607-0161>

ALEX SANTIAGO CEVALLOS CARVAJAL



Magíster en Gestión de Energías – UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Ingeniero Automotriz – Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE)

Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) sede Latacunga

–
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

<https://orcid.org/0009-0004-8551-3661>

INTRODUCCIÓN

La oleohidráulica es una herramienta fundamental en la resolución de trabajos duros y complejos, donde el fluido hidráulico se utiliza para transmitir potencia y movimiento. Este fascinante campo abarca una amplia gama de aplicaciones industriales, incluyendo maquinaria pesada, vehículos de transporte, minería, sistemas de control de robots y más.

El principal objetivo de este libro es introducir al lector en el fascinante mundo de la oleohidráulica, proporcionando un conocimiento profundo sobre los conceptos y principios fundamentales que rigen esta disciplina. Se abordan temas clave como

- Comprender los principios fundamentales de la hidráulica implica conocer cómo se transmite la potencia a través de fluidos, explorar sus diversos tipos y comprender las características distintivas de los fluidos.
- Entender los componentes básicos de un sistema oleohidráulico, como las bombas y válvulas junto con su clasificación, los actuadores y amortiguadores, constituye un conjunto vital para el funcionamiento óptimo de estos sistemas..
- Optimizar el diseño y la selección de componentes adecuados según las necesidades específicas de cada proyecto.
- Explorar las aplicaciones de la oleohidráulica y sus contribuciones a otras disciplinas y conocimientos

Además, este libro presenta elementos teóricos fundamentales para la comprensión y el cálculo eficiente en el diseño de sistemas. Con un lenguaje claro y acompañado de ilustraciones, facilita la comprensión de los fundamentos de la oleohidráulica, la identificación y selección de

componentes necesarios, así como el seguimiento de los avances tecnológicos en esta técnica auxiliar.

Este libro es una herramienta invaluable tanto para estudiantes, docentes y profesionales interesados en explorar el mundo de la oleohidráulica, resaltando sus diversas aplicaciones en los sectores industrial y tecnológico.

INDICE

	Pág.
Dedicatoria	III
Agradecimiento	V
Biografía	VII
Introducción	8
Capítulo 1	24
Descripción general de los sistemas hidráulicos	24
1.1 Principios de energía hidráulica y de fluidos	25
1.1.1 Primer Principio: Ley de Pascal.....	26
1.1.2 Segundo Principio:.....	27
1.1.3 “Los líquidos permiten multiplicar la fuerza”	28
1.1.4 Partes de un Sistema Hidráulico	28
1.2 Estructura básica de los dispositivos oleo hidráulico y simbología.	31
1.2.1 Estructura básica de los dispositivos oleo hidráulicos	31
1.2.1 Simbología.....	31
1.3 Ecuaciones básicas de la oleo hidráulica.	45
1.3.1 Relación presión-carga	48
1.3.2 Relación flujo-velocidad	49
1.3.3 Multiplicadores de fuerza	50
1.3.4 Multiplicadores de presión	51
1.3.5 Circuitos en serie versus circuitos en paralelo:.....	52

Capítulo 2	56
Descripción general de bombas y motores hidráulicos	56
2.1 Función básica de bombas y motores hidráulicos	57
2.2 Clasificación de Bombas y Motores	58
2.2.1 Bombas no Regulables	58
2.2.2 Bomba de Rodete Centrífuga	58
2.2.3 Bombas Tipo Pistón	59
2.2.4 Bombas Tipo Engranaje:	60
2.2.5 Bombas Tipo Álabes:	62
2.3 Bombas y motores hidrostáticos versus hidrodinámicos	64
2.3.1 Principios de funcionamiento	64
2.3.2 Curvas Características	66
2.3.3 Aplicaciones	71
2.4 Bombas y motores de desplazamiento fijo versus variable	72
2.4.1 Comparación funcional	72
2.4.2 Características de las bombas y motores de desplazamiento variable	74
2.4.3 Controladores para bombas y motores de desplazamiento variable	75
2.5 Similitudes y diferencias entre bombas y motores	76
2.6 Definición del tamaño de la bomba y el motor	76
2.7 Definición del caudal de la bomba y el motor	77
2.8 Pérdidas de potencia en bombas y motores	78

2.8.1 Eficiencia volumétrica	79
2.8.2 Eficiencia hidromecánica	79
2.8.3 Eficiencia Total	80
2.8.4 Eficiencia de las condiciones operativas	80
2.8.5 Evaluación del desempeño de una bomba	81
2.8.6 Evaluación del desempeño de un motor	83
2.10 Tipos de bombas y motores	85
2.10.1 Bombas y motores de engranajes externos	86
2.10.2 Bombas y motores de engranajes internos	88
2.10.3 Bombas y motores de paletas	89
2.10.4 Bombas y motores de pistones radiales	91
2.10.5 Bombas y motores de pistón axial y eje inclinado.....	92
2.10.6 Bombas y motores de plato cíclico de pistones axiales	93
2.11 Criterios de selección de bombas y motores	94
Capítulo 3	98
Descripción general de las válvulas hidráulicas.....	98
3.1 Clasificación de Válvulas Hidráulicas	99
3.1.1 Clasificación de Válvulas Hidráulicas Basada en la Misión de Control.....	99
3.1.2 Clasificación de Válvulas Hidráulicas Basada en el Elemento de Control.....	100
3.1.3 Clasificación de Válvulas Hidráulicas Basada en la Actuación de la Válvula	102

3.1.4 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en la operación de la válvula	103
3.1.5 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en la fuente de presión de control de la válvula.....	105
3.1.6 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en el nivel de control de la válvula.	107
3.1.7 Clasificación de válvulas hidráulicas basada sobre el método de montaje de la válvula	107
3.2 Válvulas de control de presión	110
3.2.1 Válvula de alivio de presión.....	110
3.2.2 Válvula de contrabalanceo	112
3.2.3 Válvula de secuencia de presión.....	112
3.2.4 Válvula de reducción de presión	113
3.2.5 Válvula de descarga	114
3.2.6 Válvula sobre centro	115
3.2.7 Válvula de freno del motor	116
3.2.8 Símbolos e identificación de válvulas de control de presión ..	117
3.3 Válvulas de control direccional	119
3.3.1 Funciones básicas de las válvulas de control direccional	119
3.3.2 Identificación de válvulas de control direccional de tipo carrete lineal.....	119
3.3.3 Válvulas direccionales de carrete lineal de operación directa	120
3.3.4 Válvulas direccionales de carrete lineal operadas por piloto.	121

3.3.5 Curvas de rendimiento de válvulas direccionales de carrete lineal.....	122
3.3.6 Bloques de control móviles	122
3.3.7 Principio de funcionamiento de válvulas direccionales de carrete deslizante giratorio.....	123
3.3.8 Válvulas de retención.....	124
3.4 Válvulas de Control de Flujo.....	125
3.4.1 Función Básica	125
3.4.2 Clasificación de Válvulas de Control de Flujo	125
3.4.3 Válvulas de Estrangulación	125
3.4.5 Reguladores de flujo	127
3.4.6 Válvula de prioridad	128
Capítulo 4	130
Actuadores alternativos hidráulicos	130
4.1 Cilindros Hidráulicos.....	131
4.1.1 Aplicaciones de Cilindros Hidráulicos	132
4.1.3 Cilindros Hidráulicos de Simple Efecto	135
4.1.4 Cilindros hidráulicos de doble efecto	136
4.1.5 Arietes hidráulicos.....	137
4.1.6 Cilindros hidráulicos telescópicos.....	137
4.1.7 Terminología de cilindros	138
4.1.8 Cálculos de tamaño de un cilindro hidráulico	139
4.1.9 Estilos de carcasa de cilindros hidráulicos	140
4.1.10 Amortiguación del cilindro	143

3.1.4 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en la operación de la válvula	103
3.1.5 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en la fuente de presión de control de la válvula.....	105
3.1.6 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en el nivel de control de la válvula.	107
3.1.7 Clasificación de válvulas hidráulicas basada sobre el método de montaje de la válvula	107
3.2 Válvulas de control de presión	110
3.2.1 Válvula de alivio de presión.....	110
3.2.2 Válvula de contrabalanceo	112
3.2.3 Válvula de secuencia de presión.....	112
3.2.4 Válvula de reducción de presión	113
3.2.5 Válvula de descarga	114
3.2.6 Válvula sobre centro	115
3.2.7 Válvula de freno del motor	116
3.2.8 Símbolos e identificación de válvulas de control de presión ..	117
3.3 Válvulas de control direccional	119
3.3.1 Funciones básicas de las válvulas de control direccional	119
3.3.2 Identificación de válvulas de control direccional de tipo carrete lineal.....	119
3.3.3 Válvulas direccionales de carrete lineal de operación directa	120
3.3.4 Válvulas direccionales de carrete lineal operadas por piloto.	121

3.3.5 Curvas de rendimiento de válvulas direccionales de carrete lineal.....	122
3.3.6 Bloques de control móviles	122
3.3.7 Principio de funcionamiento de válvulas direccionales de carrete deslizante giratorio.....	123
3.3.8 Válvulas de retención.....	124
3.4 Válvulas de Control de Flujo.....	125
3.4.1 Función Básica	125
3.4.2 Clasificación de Válvulas de Control de Flujo	125
3.4.3 Válvulas de Estrangulación	125
3.4.5 Reguladores de flujo	127
3.4.6 Válvula de prioridad	128
Capítulo 4	130
Actuadores alternativos hidráulicos	130
4.1 Cilindros Hidráulicos.....	131
4.1.1 Aplicaciones de Cilindros Hidráulicos	132
4.1.3 Cilindros Hidráulicos de Simple Efecto	135
4.1.4 Cilindros hidráulicos de doble efecto	136
4.1.5 Arietes hidráulicos.....	137
4.1.6 Cilindros hidráulicos telescópicos.....	137
4.1.7 Terminología de cilindros	138
4.1.8 Cálculos de tamaño de un cilindro hidráulico	139
4.1.9 Estilos de carcasa de cilindros hidráulicos	140
4.1.10 Amortiguación del cilindro	143

4.2 Actuadores rotativos	144
4.2.1 Aplicaciones de actuadores rotativos	144
4.2.2 Configuraciones de actuadores rotativos	146
4.2.3 Cálculos de tamaño del actuador rotativo	146
4.3 Acumuladores Hidráulicos	148
4.3.1 Principio de Funcionamiento de Acumuladores Hidráulicos..	148
4.3.2 Cálculos de Dimensionamiento de Acumuladores Hidráulicos	150
Capítulo 5	154
Circuitos Oleo hidráulicos en equipos de construcción	154
5.1 Consideraciones de seguridad en el diseño de un sistema hidráulico.....	155
5.1.1 Limitación de presión:	157
5.1.2 Verificaciones del puerto de carga y anti cavitación:.....	157
5.2 Consideraciones de ahorro de energía en el diseño de un sistema hidráulico	158
5.2.1 Descarga de una bomba que acciona un solo actuador	159
5.2.2 Descarga de una bomba que acciona múltiples actuadores .	160
5.2.3 Descarga de una bomba mediante una PRV con función de descarga	162
5.2.4 Descarga de una bomba mediante una válvula de descarga de presión	163
5.2.5 Descarga de una bomba en aplicaciones móviles	164

5.3 Cálculos de dimensionamiento de los sistemas oleo

hidráulicos.....	166
5.3.1 Perdidas de potencia en conductores hidráulicos.....	168
5.3.2 Acumulación de energía en retroceso en sistemas hidráulicos	169
5.3.3 Consideraciones ideales en el dimensionamiento del sistema hidráulico.....	170
5.3.4 Consideraciones prácticas en el dimensionamiento del sistema hidráulico.....	172
5.3.5 Estudio de caso de dimensionamiento del sistema hidráulico (Ejercicio práctico modelo en una excavadora frontal)	173
Paso 1. Cuantificar la potencia de salida del actuador hidráulico	173
Paso 2. Identificación de requisitos de presión y tamaño del actuador hidráulico.....	174
Paso 3. Identificación de requisitos de flujo.....	174
Paso 4. Dimensionamiento de la bomba hidráulica	175
Paso 5. Cálculo de potencia de entrada del cilindro y la eficiencia del cilindro	176
Paso 6. Análisis de distribución de flujo.....	176
Paso 7. Dimensionamiento de conductores hidráulicos y cálculos de pérdidas de línea	176
Paso 8. Cálculos de tamaño y pérdidas de válvulas	178

Paso 9. Cuantificar la potencia de salida de la bomba Cuantificar la potencia de salida de la bomba en un sistema hidráulico:	178
Paso 10. Dimensionamiento del actuador rotario	179
Conclusiones	181
Bibliografía.....	182

Índice de tablas y figuras

Pág.

Figura 1_“La presión actúa con igual intensidad en todas sus direcciones”	26
Figura 2_Segundo principio	27
Figura 3_Los líquidos permiten multiplicar la fuerza	28
Figura 4_Partes de un sistema hidráulico.....	28
Figura 5_Partes del sistema hidráulico.....	30
Figura 6_Elementos de un circuito hidráulico básico	31
Figura 7_Válvula selectora de circuito.....	33
Figura 8_Válvula de simultaneidad	34
Tabla 1_Simbología Oleo hidráulica	36
Tabla 2_Simbología de válvulas de control direccional	39
Tabla 3_Simbología de los métodos de control de las válvulas direccionales	40
Tabla 4_Simbología de las válvulas de presión	42
Tabla 5_Simbología de las válvulas de regulación de flujo	43

Tabla 6_Simbología de accesorios	44
Figura 9_Proceso para lograr la ecuación fundamental de la hidrostática	47
Tabla 7_Cálculos matemáticos aplicados	48
Figura 10_Método para multiplicar la fuerza de un sistema hidráulico	50
Figura 11_Multiplicadores de Presión lado A	51
Figura 12_Multiplicadores de Presión lado B.....	52
Figura 13_Comparación de circuitos	53
Figura 14_Circuito en Serie.....	53
Figura 15_Circuito en Paralelo	54
Figura 16_Bomba de rodete centrífuga	59
Figura 17_Clasificación de las Bombas.....	59
Figura 18_Bomba tipo pistón	60
Figura 19_Bomba tipo engranaje	60
Figura 20_Representación Esquemática de bomba de engranajes	61
Figura 21_Bombas tipo Álabes	62
Figura 22_Eschema Bomba tipo Álabes	63
Figura 23_Sistemas de Mando Hidrostático	65
Figura 24_Bombas Hidrodinámicas.....	65
Figura 25_Curvas de desempeño de una BDP rotativa para diferentes velocidades de rotación. $N_1 < N_2 < N_3$	66
Figura 26_Curvas de operación de una bomba rotativa para diferentes valores de presión.....	67
Figura 27_Curvas características de una bomba de desplazamiento positivo	68

Figura 47_Válvula de simultaneidad.....	105
Figura 48_Válvula reguladora de presión	106
Figura 49_Válvula limitadora de presión.....	107
Figura 50_Válvula de Alivio Simple	110
Figura 51_Válvula de alivio accionada por servo-mando (pilotada)	111
Figura 52_Válvula Moduladora.....	112
Figura 53_Válvula de secuencia de Presión.....	113
Figura 54_Válvula de Reducción de Presión	114
Figura 55_Válvula de Descarga	115
Figura 56_Válvula de frenado	117
Tabla 9_Símbolos e identificación de válvulas de control de presión	117
Figura 57_Componentes de una válvula corredera	119
Figura 58_Válvulas direccionales de carrete lineal de operación directa	121
Figura 59_Sección de una válvula operada por piloto	121
Figura 60_Funcionamiento de válvulas direccionales de carrete deslizante giratorio.....	123
Figura 61_Válvula antirretorno de una tubería.....	124
Figura 62_Diseño de una válvula estranguladora.....	126
Figura 63_Estructura básica de una válvula reguladora de caudal	127
Figura 64_Construcción Básica.....	132
Figura 65_Cilindro.....	132
Figura 66_Cilindros Hidráulicos de Simple Efecto	135
Figura 67_Diagrama de un cilindro de pistón de simple efecto	135
Figura 68_Cilindros hidráulicos de doble efecto	136

Figura 69_Cilindro hidráulico de doble efecto con vástago unidireccional.....	136
Figura 70_Cilindro Telescópico	138
Figura 71_Esquema de un Cilindro Telescópico	138
Figura 72_Cilindro y sus partes.....	139
Figura 73_Cilindros con brida rectangular	140
Figura 74_Cilindros con brida rectangular o circular trasera	141
Figura 75_Cilindros con orejeta macho	141
Figura 76_Cilindros con orejeta con rótula	142
Figura 77_Cilindros con fijación por patas.....	142
Figura 78_Cilindros con fijación por muñón.....	143
Figura 79_Esquema de cilindro con amortiguación.	144
Figura 80_Actuador rotativo de paleta	144
Figura 81_Simbología Normalizada de los Actuadores	145
Figura 82_D.E. piñón y cremallera	145
Figura 83_Compensación de las variaciones de flujo	149
Figura 84_Amortiguación	149
Figura 85_Acumulador de carga	150
Figura 86_Acumulador de muelle	152
Figura 87_Acumulador de gas	153

CAPÍTULO 1

Descripción general
de los sistemas hidráulicos

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS OLEO HIDRÁULICOS APLICADOS A MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

Los sistemas hidráulicos utilizan fluido presurizado, típicamente aceite, para transmitir potencia y movimiento, siendo elementos fundamentales en una amplia gama de máquinas y equipos, desde excavadoras y grúas hasta automóviles y aviones. Estos sistemas son cruciales para mejorar la eficiencia en operaciones de trabajo pesado. Sus aplicaciones abarcan diversos sectores como la maquinaria industrial (excavadoras, grúas, prensas), vehículos móviles (automóviles, camiones, aviones), generación de energía (turbina eólica, centrales hidroeléctricas), y agricultura (tractores, cosechadoras).

Este primer capítulo introduce los componentes básicos de los sistemas hidráulicos, proporcionando una comprensión inicial necesaria para su diseño y funcionamiento.

1.1 Principios de energía hidráulica y de fluidos

Los sistemas hidráulicos según menciona Ruales (2021), utilizan cualquier fluido que crea presión para operar una máquina, grande o pequeña, esto depende de su capacidad, estos sistemas se utilizan principalmente en áreas industriales grandes y pequeñas, como por ejemplo en la construcción de edificios gigantescos llamados rascacielos, así como también para los equipos de construcción responsables de estos proyectos, los vehículos y entre otros son los principales usuarios de equipos hidráulicos.

En este sentido Giordani y Leone (2015) mencionan que la hidráulica es:

La ciencia que, con la técnica y el arte, aplicando la matemática y las ciencias naturales, crea y desarrolla sistemas, elementos y obras físicas mediante el empleo de energía y materiales, para proporcionar a la humanidad, con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida (pág. 2)

Del mismo modo, en este capítulo se abordarán los principios básicos y consideraciones de los sistemas hidráulicos, estos conceptos serán definidos de forma clara y concisa, logrando así la mejor comprensión del lector.

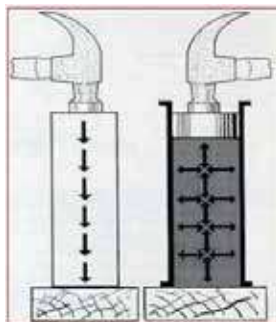
La hidráulica es una rama de la física que se dedica al estudio de los líquidos y sus propiedades, y más específicamente, estudia el comportamiento de los líquidos frente a la fuerza o compresión a las cuales son sometidos (Ruales Añazco, 2021). A esta ciencia la gobiernan una serie de principios que describe.

1.1.1 Primer Principio: Ley de Pascal.

“La presión aplicada por un fluido contenido en un recipiente cerrado es igual en todas las direcciones del fluido y es perpendicular a las paredes del recipiente” (Rojas Aguirre, 2020)

Figura 1

“La presión actúa con igual intensidad en todas sus direcciones”



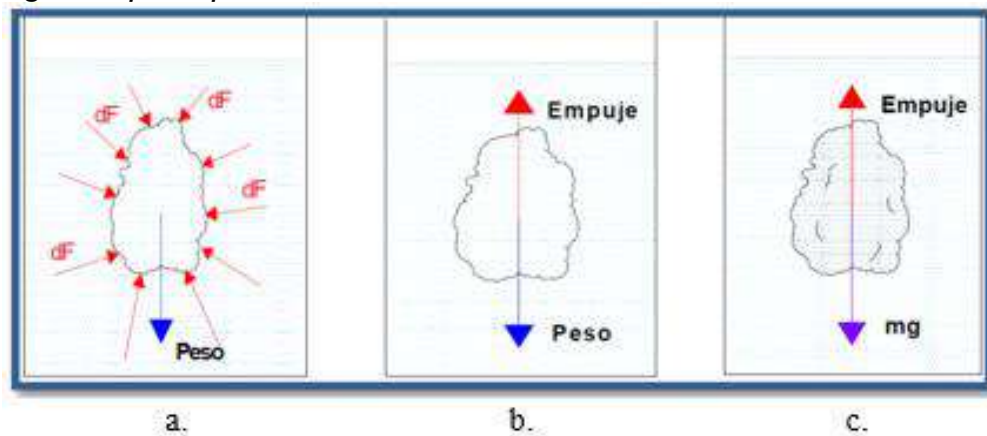
Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

1.1.2 Segundo Principio:

“Los líquidos son relativamente incompresibles”

Este principio de Arquímedes citado por González (2022) afirma que “un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido estático (e incompresible), será empujado con una fuerza igual al peso del volumen de líquido desplazado por dicho objeto” (p.14). De manera que, cuando un cuerpo se encuentre sumergido en un fluido surge un empuje hidrostático el cual es resultado de las presiones ejercidas sobre la superficie del cuerpo que actúa siempre hacia arriba a través del centro de gravedad del cuerpo y de valor igual al peso del fluido desplazado, dicha fuerza es medida en Newton (en el Sistema Internacional).

Figura 2
Segundo principio

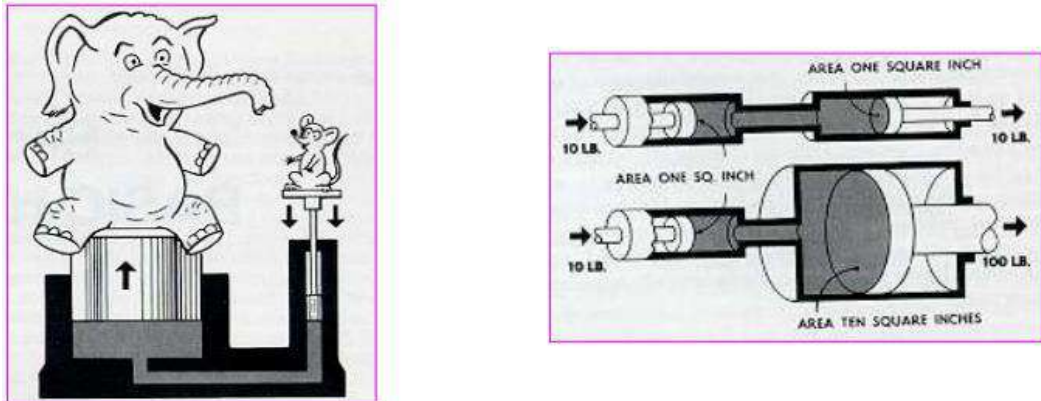


Para lograr demostrar el principio de Arquímedes, se debe considerar una parte arbitraria de líquido en reposo, en la figura (2), el perímetro irregular es la superficie que delimita esta porción de fluido, y las flechas son la representación de las fuerzas que el fluido circundante ejerce sobre la superficie de frontera (Fig. a).

1.1.3 “Los líquidos permiten multiplicar la fuerza”

Figura 3

Los líquidos permiten multiplicar la fuerza



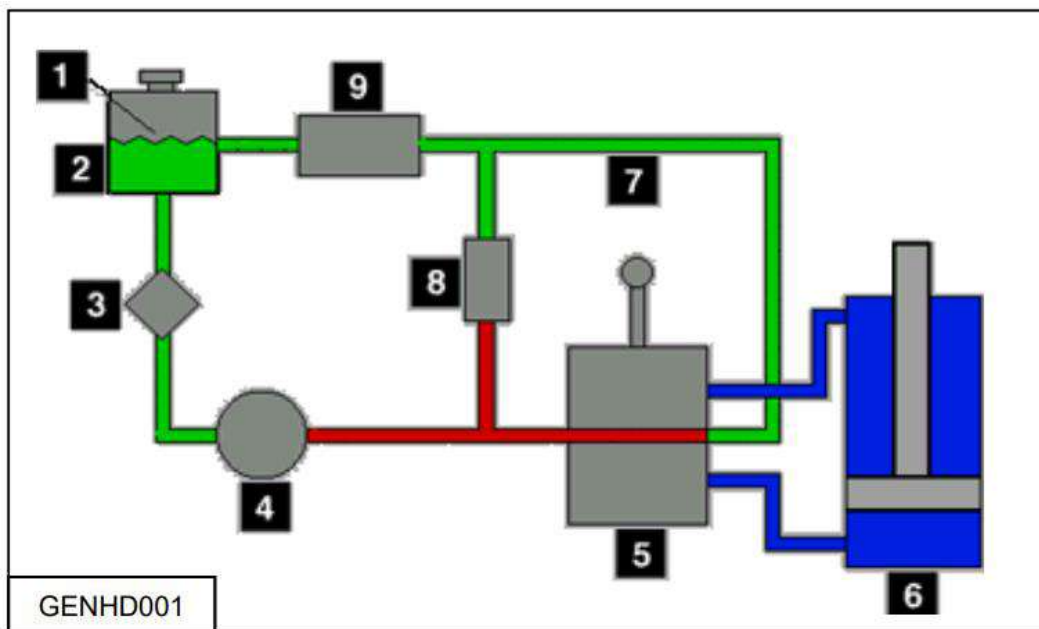
Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

1.1.4 Partes de un Sistema Hidráulico

A continuación, en las siguientes figuras se representan las partes de un sistema hidráulico básico.

Figura 4

Partes de un sistema hidráulico



Fuente: (Castillo, 2019)

Los componentes del sistema más comunes son:

1. Fluido: es el encargado de transmitir energía en el sistema hidráulico, y esto es posible debido a que los líquidos son “virtualmente incompresibles” (p.2). Conforme se va bombeando el fluido por el sistema ocurre la misma fuerza en cada una de las superficies. Además, los líquidos tienen la capacidad de adaptarse a cualquier forma, entonces el fluido hidráulico es capaz de fluir en cualquier dirección y hacia todos los conductos abiertos. Asimismo Castillo (2019) menciona que el fluido que más se utiliza en los sistemas hidráulicos de las máquinas y equipos es el aceite.
2. Tanque: dentro de las principales funciones que posee un tanque hidráulico se menciona la capacidad de almacenar el aceite hidráulico, lo enfría, asimismo es capaz de que el aire se logre separar del aceite y que las partículas se asienten (Castillo, 2019)
3. Filtro: eliminan los contaminantes del fluido hidráulico, y esto evita que los componentes sufran daños y se logra asegurar que el sistema funcione correctamente. La ubicación y los tipos de filtros varían (Castillo, 2019)
4. Bomba: Convierte la energía mecánica en hidráulica en forma de flujo, esta es impulsada por una fuente de energía externa (Castillo, 2019).
5. Válvula de Control: la válvula de control direccional determina el curso que recorre el fluido por todo el sistema, y es el medio que utiliza el operador para controlar la máquina.
6. Accionador: es el que convierte la energía hidráulica en energía mecánica para ejecutar el trabajo, los cilindros son los encargados de generar un movimiento de forma lineal utilizado para operar cucharones, hojas, plumas y otros implementos, asimismo, los motores hidráulicos son los encargados de producir movimientos rotativos que son utilizados por el sistema motriz, así como también por el sistema de dirección entre otros (Castillo, 2019).

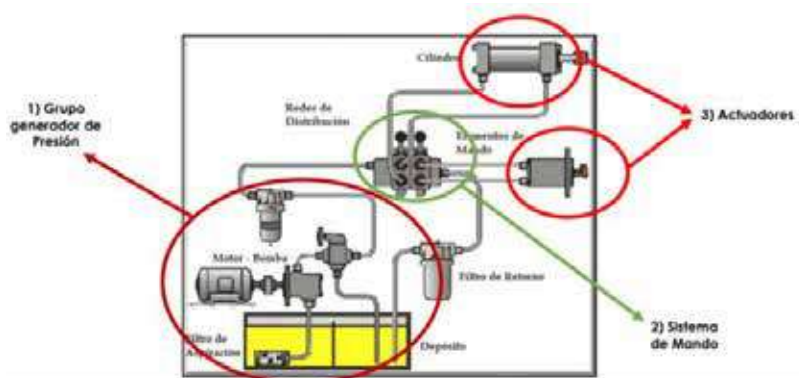
7. Tuberías: son las mangueras o tubos y a través de estos se mueve el fluido, son flexibles, permitiendo que se puedan mover, y absorbe la vibración, reducen el ruido y fácilmente se pueden conectar (Castillo, 2019).

8. Válvula de Alivio: también conocida como válvula de control de la presión, se encarga de limitar la presión del sistema, si es superior a lo establecido la válvula se abre para desahogar dicha presión (Castillo, 2019).

9. Enfriador: elimina el calor del fluido hidráulico, lo que aumenta la vida útil del componente

Cada color de las líneas hidráulicas son diferentes y esto se debe a que cada color refleja una presión diferente en el sistema y entre estos se muestra, el color verde que significa retorno al tanque, el color azul refleja que el aceite está bloqueado, el rojo indica aceite a presión y que es suministrado por la bomba, asimismo el color rojo/blanco refleja el nivel de presión menor al rojo, por otro lado, el color naranja refleja el aceite a presión que se usa como señal y por último el color naranja/blanco es el nivel de presión más bajo que el de color rojo (Castillo, 2019).

Figura 5
Partes del sistema hidráulico



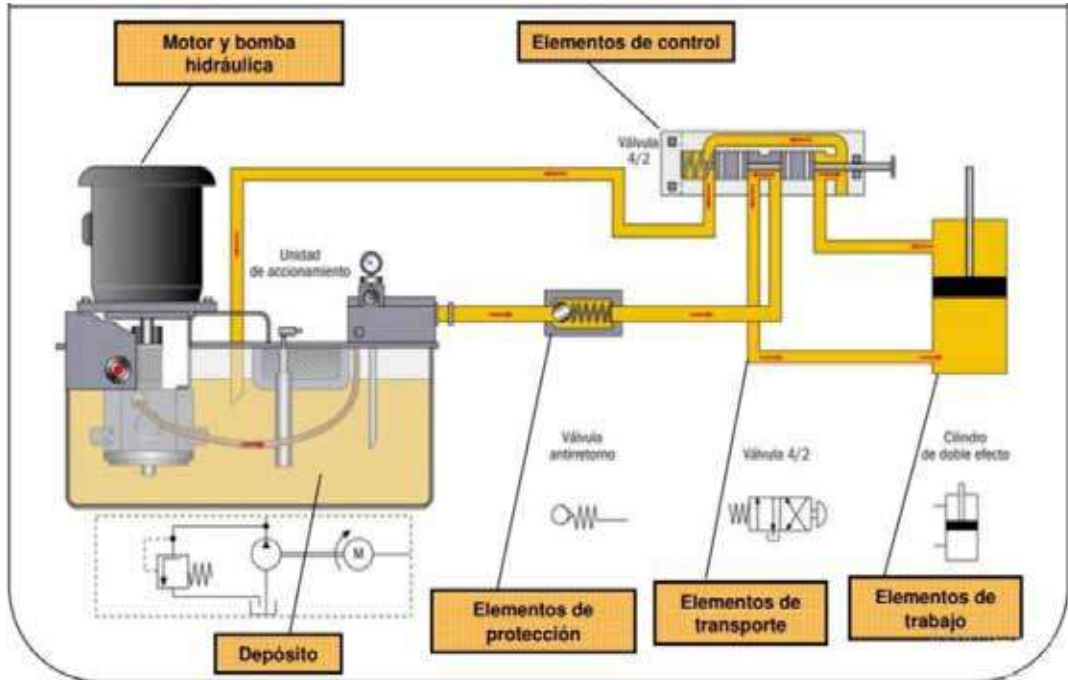
Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

1.2 Estructura básica de los dispositivos oleo hidráulico y simbología.

1.2.1 Estructura básica de los dispositivos oleo hidráulicos

Figura 6

Elementos de un circuito hidráulico básico



Fuente: (Vejar, 2020).

1.2.1 Simbología

Existen diversas Normas aplicadas y reconocidas por numerosos países, sin embargo, la simbología de los sistemas hidráulicos es muy común que se utilicen los mismos con algunas pequeñas variaciones, para ello es necesario considerar que los símbolos no representan las siguientes características como el tamaño, o construcción real del componente, el tipo de fabricante o el material utilizado para construirlos, su costo y también la ubicación real de los puertos de conexión (Vejar Molina, 2020).

A continuación, se describen los elementos más comunes en la simbología normalizada según Avelar et al. (2020):

- Válvulas: en un sistema neumático conformado por diferentes dispositivos para que estos actúen de forma adecuada y una de ellas son las válvulas que son utilizadas para poder hacer que se accionen los actuadores neumáticos, son una especie de caja negra con una serie de orificios que permiten la entrada y salida del aire comprimido (Avelar et al., 2020)

Como se conectan los orificios de la caja, debe ser en posición estable, estos orificios se les denominan vías y están compuestas por dos o más posiciones, lo que permite tener varias opciones para conectar las vías, en caso de cambiar de una posición a otra se cuenta con mandos en la propia válvula, y generalmente, existe una posición de reposo, que no se actúa por lo general sobre los mandos (Avelar et al., 2020).

El número de vías y de posiciones de la válvula identifica el funcionamiento de la misma, sin importar la forma en la que está construida o el tipo de mando que la active, por esta razón, las válvulas son representadas a través de símbolo a través de esquemas que permiten dar una idea clara y concisa de cómo funcionan, en este sentido, en la nomenclatura de las válvulas se menciona en primer lugar la cantidad de vías y las posiciones, seguidamente se hace mención del tipo de funcionamiento en reposo, y los dos tipos de mandos que cambian la válvula (cambia la posición de reposo a la activa, y luego el que pasa de nuevo a la posición de reposo) (Avelar et al., 2020).

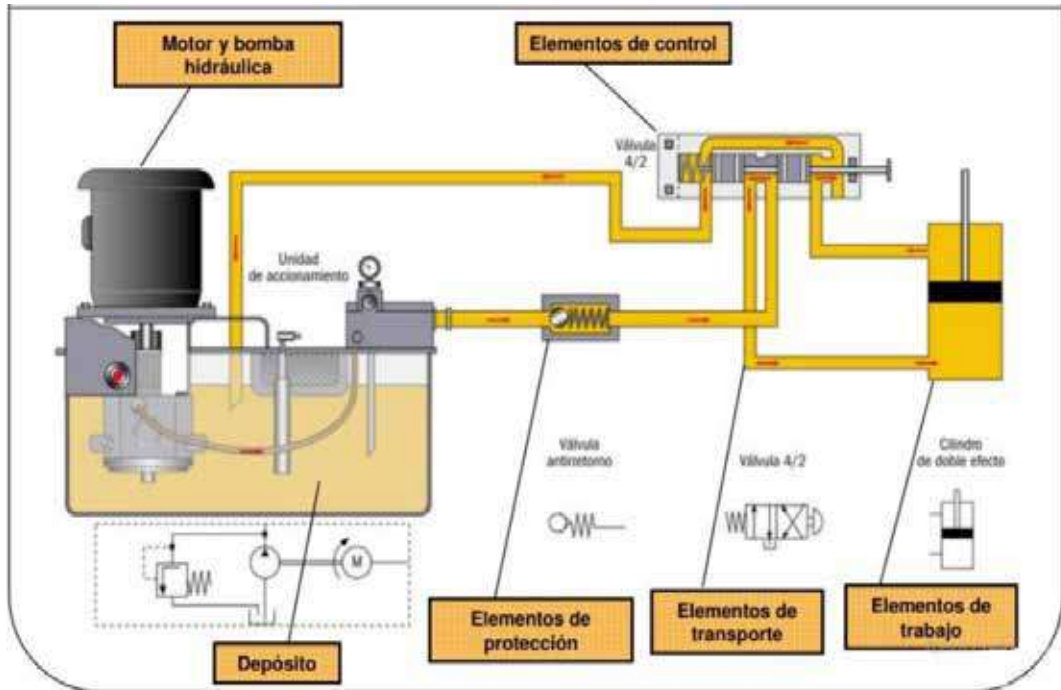
De igual manera Avelar et al. (2020) menciona que, las válvulas pueden clasificarse:

1.2 Estructura básica de los dispositivos oleo hidráulico y simbología.

1.2.1 Estructura básica de los dispositivos oleo hidráulicos

Figura 6

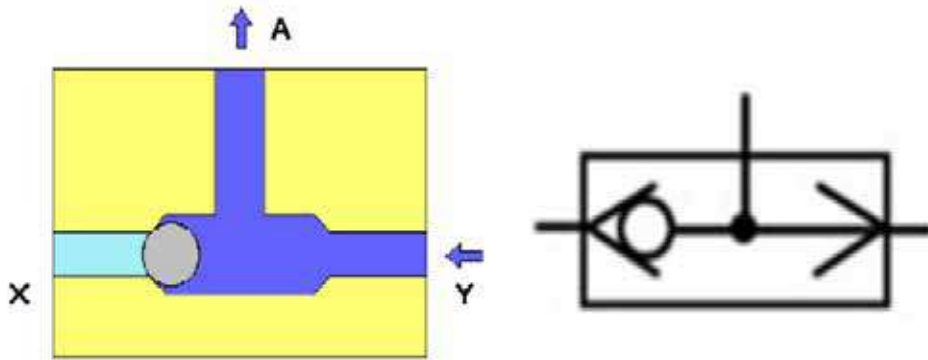
Elementos de un circuito hidráulico básico



Fuente: (Vejar, 2020).

1.2.1 Simbología

Existen diversas Normas aplicadas y reconocidas por numerosos países, sin embargo, la simbología de los sistemas hidráulicos es muy común que se utilicen los mismos con algunas pequeñas variaciones, para ello es necesario considerar que los símbolos no representan las siguientes características como el tamaño, o construcción real del componente, el tipo de fabricante o el material utilizado para construirlos, su costo y también la ubicación real de los puertos de conexión (Vejar Molina, 2020).

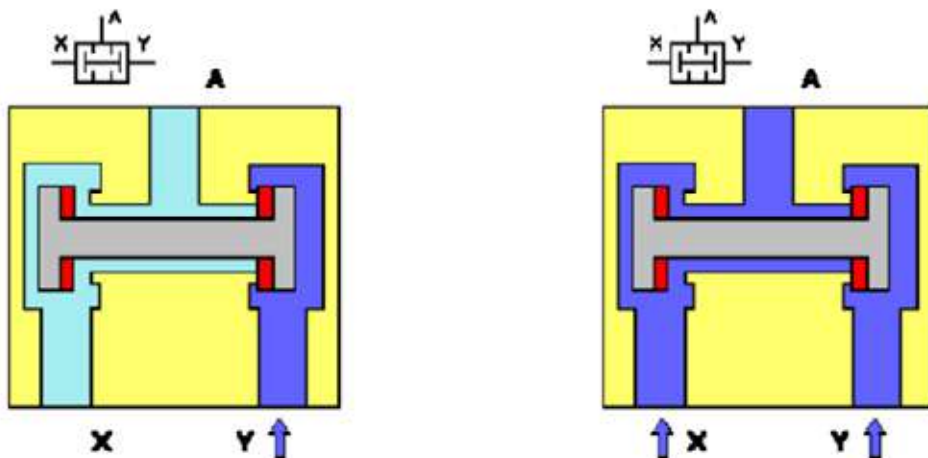


Fuente: (Avelar Miranda et al., 2020).

e) Válvula de simultaneidad (Válvula "Y"; función lógica "and"): tiene un aspecto muy similar a la selectora de circuitos o modulo "O", pero su diferencia radica en que esta funciona con dos entradas simultaneas en "X", "Y" al presionarse dichas entradas el mecanismo (pieza móvil) interior de la válvula se accionará permitiendo el paso de flujo de aire y saliente por el orificio de salida (Avelar et al., 2020).

Figura 8

Válvula de simultaneidad



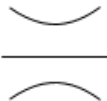
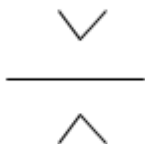
Fuente: (Avelar et al., 2020)

Por otro lado, también se definen a continuación, otros elementos como las líneas, depósitos, entre otros, en este caso definidos por Pérez y Navarro (2020):

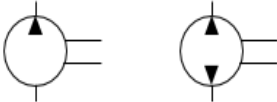
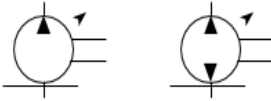
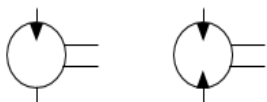
- Líneas: Pérez y Navarro (2020) mencionan que, las tuberías y los conductos son representadas como líneas simples y entre estas se distinguen las líneas principales (trazo continuo) encargadas de transportar el caudal principal del sistema, y en los diagramas también son incluidas las línea de aspiración o entrada de la bomba o compresor, las líneas de presión, las de retorno al tanque y los escapes, las líneas de pilotaje (trazos largos interrumpidos): estas se encargan de llevar el fluido que se usa para controlar el funcionamiento de una válvula o de otro componente a distancia, a una presión inferior a la de trabajo.
- Cilindros: se dibuja como un rectángulo que represente el pistón, el vástago y las conexiones de los orificios, si es de simple efecto se muestra un dibujo abierto en el extremo de vástago y con solo un orificio de entrada en el otro extremo, los de doble efecto se representa cerrado y con dos orificios (Pérez y Navarro, 2020).
- Depósitos: son representados en forma de rectángulo abierto en su parte superior, y pueden dibujarse varios símbolos en un diagrama, aunque haya solamente un depósito, sus líneas de conexión son dibujadas hasta el fondo del símbolo cuando las tuberías terminan bajo el nivel del líquido en el tanque, en caso de que la línea termine por encima del nivel del líquido, esta debe dibujarse solamente hasta la parte superior del símbolo (Pérez y Navarro, 2020).
- Bombas, compresores y motores: un círculo es el símbolo básico para los componentes giratorios, los triángulos que se colocan en los símbolos representan que son fuentes de energía (bombas) o receptores de energía (motores). Cuando el componente es unidireccional, el símbolo tiene solo un triángulo, en el caso de ser reversible se dibuja con dos triángulos (Pérez y Navarro, 2020).

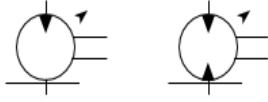
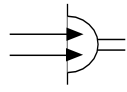
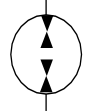
Tabla 1
Simbología Oleo hidráulica

Descripción	Líneas	Aplicaciones
I. Símbolos Básicos		
1.1. Líneas		
Continuas		Línea
Trazo largo		Línea secundaria
Trazo corto		Línea de drenaje opilotaje
Doble		Conexión mecánica (eje. palanca, etc.)
Discontinua		Límite de un conjunto
1.2. Círculos, semicírculos		
Grande		Unidades de conversión de energía (bombas, motores, etc.)
Mediano		Instrumentos de medición
Pequeño		Conexiones rotativas Válvulas de bola
Muy pequeño		Accionadores mecánicos
Semicírculo		Accionadores mecánicos
1.3. Cuadros, rectángulos		
Grande		Válvulas de control (excepto antirretornos)
Rombos		Aparatos acondicionadores (filtros, intercambiadores, separadores, lubricadores, etc.)
1.4. Varios		
		Conexión entre líneas

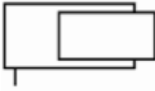
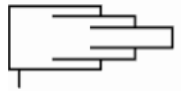
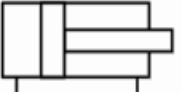
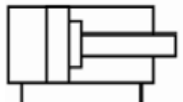
	Muelle
	Restricción (afectada por la viscosidad)
	Restricción (no afectada por la viscosidad)

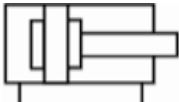
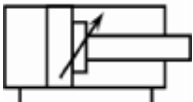
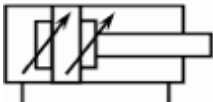
Continuación Tabla 1....

2. Símbolos funcionales		
2.1. Triángulos		
Sólido		Dirección del fluido
Hueco		Dirección del fluido
2.2. Flechas		
Verticales		Dirección, sentido de giro, sentido de circulación interno de la válvula.
Inclinadas		Posibilidad de variación o regulación.
3. Bombas y compresores		
Bomba de cilindrada fija		Una / dos direcciones del fluido
Bomba de cilindrada variable		Una / dos direcciones del fluido
4. Motores		
Motor de cilindrada fija		Una / dos direcciones del fluido

Motor de cilindrada variable		Una / dos direcciones del fluido
Motor oscilante		Siempre una sola dirección
Máquina reversible		Puede funcionar como bomba o motor en ambas direcciones del flujo

Continuación Tabla 1...

5. Cilindros		
De simple efecto		Sin especificar un método de retorno
		Retorno por muelle
		De émbolo
		Telescópico
De doble efecto		Con vástago unilateral
		Con vástago bilateral
		Telescópico
Con amortiguación		Con frenado constante al final de la carrera en un lado

	Con frenado constante al final de la carrera en ambos lados
	Con regulación de frenado al final de la carrera en un lado
	Con regulación de frenado al final de la carrera en ambos lados

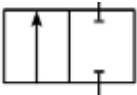
6. Válvulas de control

Un cuadro		Una válvula de control de presión o caudal
Dos o más cuadros		Una válvula de control direccional con tantas posiciones como cuadros

Tabla 2

Simbología de válvulas de control direccional

7. Válvulas de control direccional

Un paso		No se muestra el accionamiento y retorno
Dos pasos		No se muestran el accionamiento y retorno
Dos vías cerradas		No se muestran el accionamiento y retorno
Dos vías y dos posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno

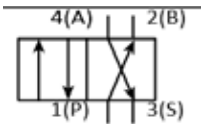
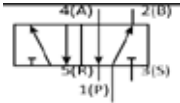
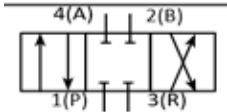
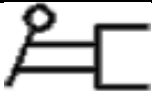
Tres vías y dos posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
Cuatro vías y dos posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
Cinco vías y dos posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
Cuatro vías y tres posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
Válvula direccional, con dos posiciones extremas y un número infinito de condiciones intermedias con diversos grados de estrangulamiento.		

Tabla 3
Simbología de los métodos de control de las válvulas direccionales

8. Métodos de control de las válvulas direccionales		
Control muscular		Símbolo general
		Por palanca

		Con retenes
		Por pedal
		Por pulsador
Control eléctrico		Por solenoide con un devanado
		Por solenoide con dos devanados
		Por motor eléctrico
Control hidráulico directo		Por aplicación de presión hidráulica
		Por aplicación de presión neumática
		Por liberación de presión hidráulica
		Por liberación de presión neumática
Control hidráulico indirecto		Por aplicación de presión hidráulica
		Por aplicación de presión neumática
		Por liberación de presión hidráulica.
		Por liberación de presión neumática
Control electrohidráulico		Controlado por solenoide y pilotado
		Controlado por solenoide operado por piloto

Continuación Tabla 3.....

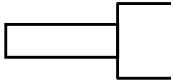
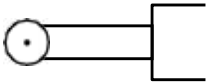
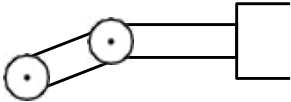
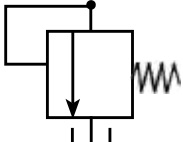
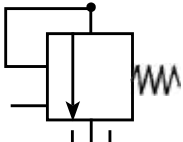
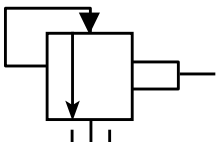
		Por émbolo o trazador
Control mecánico		Por rodillo
		Por muelle
		Por rodillo abatible

Tabla 4
Simbología de las válvulas de presión

9. Válvulas de regulación de presión	
Control de presión de entrada	
Presión de entrada o control piloto remoto	
Presión de entrada limitada a un valor proporcional a la presión de pilotaje	

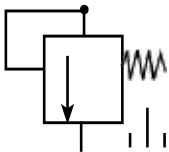
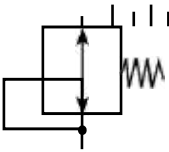
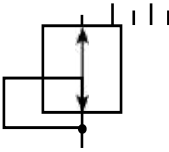
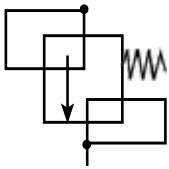
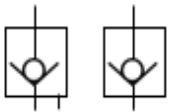
Secuencia		
Regulador de presión o válvula reductora		Con conexión de alivio
		Con puerto de alivio con mando a distancia
Regulador de presión diferencial (la presión de salida se reduce en una cantidad fija con respecto a la presión de entrada)		

Tabla 5

Simbología de las válvulas de regulación de flujo

10. Válvulas de regulación de flujo		
Válvula de cierre		
Válvula antirretorno (válvula de retención)		
Válvula de retención, con resorte		
Válvula de retención, accionada por piloto		

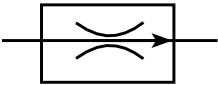
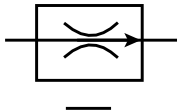
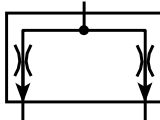
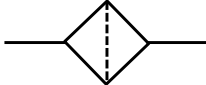
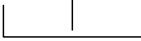
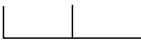
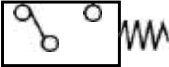
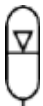
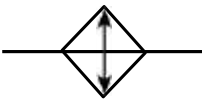
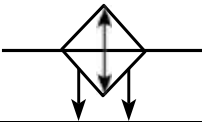
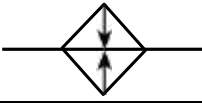
Estrangulador unidireccional (válvula de retención, con restricción)	A B
Válvula de control de caudal, con salida fija	
Válvula de control de caudal, con salida variable	
Divisor de flujo	

Tabla 6
Simbología de accesorios

11. Accesorios		
Filtro o colador		
Depósito, con línea por encima del nivel de fluido		
Depósito , con la línea por debajo del nivel de líquido		
Interruptor de presión (presostato)		
Acumulador		Cargado por resorte

		Cargado por resorte
Enfriador		Sin indicación de línea de flujo
		Con indicación de línea de flujo
Calentador		
Manómetro		

Fuente: (Pérez y Navarro, 2020).

1.3 Ecuaciones básicas de la oleo hidráulica.

Las ecuaciones que describen los fluidos están dadas por la deducción matemática realizada por los científicos de la época de Bernoulli y Euler. Estos comenzaron la descripción de las influencias de fuerzas como la gravedad en los fluidos y sus estudios los llevaron a la deducción matemática de estos fenómenos. Es cuando surge la ecuación fundamental de la hidrostática, la cual es muy simple, con ella se estipula que la presión en el agua en reposo es igual al producto de la densidad del agua, por la profundidad del sitio en el que se desea conocer dicha presión. Y las ecuaciones resultantes son las siguientes:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho X$$
$$\frac{\partial p}{\partial y} = \rho Y$$
$$\frac{\partial p}{\partial z} = \rho Z$$

Según Pedroza (2018) la descripción de las ecuaciones viene dada por:

“Son un sistema de tres ecuaciones diferenciales que describen la variación de la presión en el seno de un líquido en reposo. Cada ecuación describe la variación de la presión en la dirección coincidente de cada uno de los ejes de un sistema cartesiano ortogonal, suponiendo, inicialmente, que la presión varía en todas direcciones. Las ecuaciones son el resultado de la aplicación del equilibrio de fuerzas a un cubo de volumen infinitesimal que se considera en reposo, donde se supone la existencia de una fuerza de cuerpo y la ausencia de fuerzas de superficie. El resultado de dicha deducción es simple y poderoso: la variación de la presión en el seno de un líquido en cada uno de los ejes de un sistema cartesiano, se puede calcular como el producto de la densidad del líquido, por la componente vectorial de la fuerza de cuerpo, coincidente con la dirección del eje considerado.” (p. 23)

(Pedroza González, 2018) citando a Sotelo (1999) que:

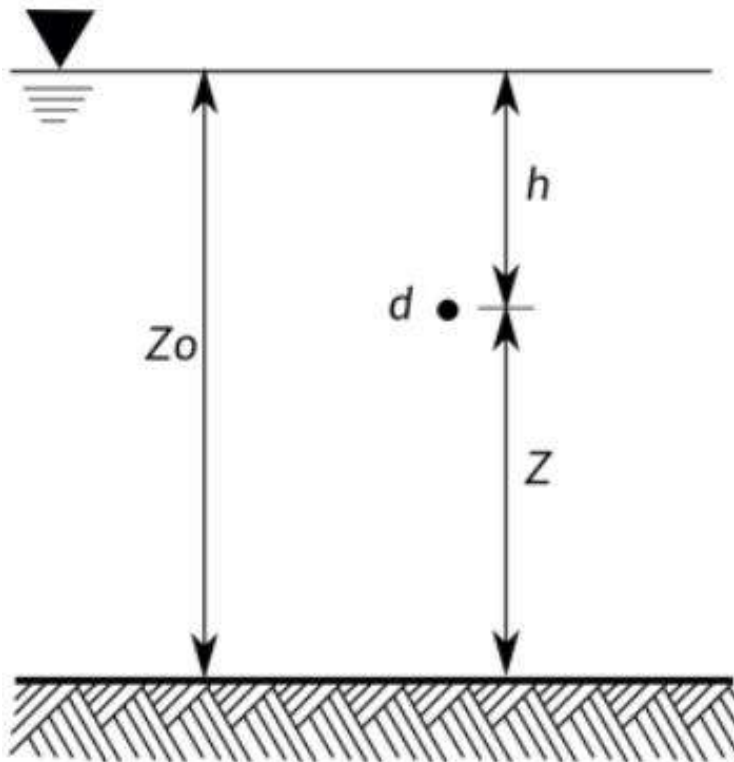
Se considera que la única fuerza que se presenta en un cuerpo de agua en reposo, es la gravedad, así que automáticamente se eliminan dos de las ecuaciones y solamente queda la que considera la fuerza en el sentido vertical. Despeja la derivada de

la presión, integra y llega a la ecuación que denomina “Ley de Pascal” (p.21)

$$\frac{p}{\gamma} + z = \text{constante}$$

Consecuentemente, para alcanzar la ecuación fundamental de la hidrostática, se deben tomar ciertas consideraciones, entre las que cuentan que esta ley debe cumplirse en todo el interior de un fluido, siempre que se tenga un mismo fluido y dicho fluido esté en reposo. Para nuestro caso, se considera el agua, véase la siguiente figura:

Figura 9
Proceso para lograr la ecuación fundamental de la hidrostática



Fuente: (Pedroza, 2018)

Atendiendo a los datos anteriormente descritos se aplican los siguientes cálculos, según la tabla 7

Tabla 7
Cálculos matemáticos aplicados

Explicación	Álgebra
Ley de Pascal aplicada a la superficie del agua. A la presión en la superficie se le denomina P_o ; a su coordenada z_o y a su constante C_1 . El peso específico (γ) es el del agua:	$\frac{p_o}{\gamma} = z_o = C_1$
Ley de Pascal aplicada al sitio d (letra inicial de la palabra dot, que significa punto en inglés, como signo de puntuación). A la presión en ese sitio se le denomina P_d ; a su coordenada z y a su constante C_2 . El peso específico (γ) es el del agua:	$\frac{p_d}{\gamma} + z = C_2$
La Ley de Pascal aplica en todo el interior del agua y debe aplicar en la superficie, por lo tanto C_1 y C_2 deben ser iguales y los primeros miembros de las ecuaciones a y b , deben ser iguales:	$\frac{p_o}{\gamma} + z_o = \frac{p_d}{\gamma} + z$
Despejando la presión en el sitio d :	$p_d = \gamma \left(\frac{p_o}{\gamma} + z_o - z \right)$
Pero la presión en la superficie debe ser igual a la presión atmosférica y para aplicaciones en ingeniería, se ha convenido que la presión atmosférica se considere cero. Así la ecuación d , se transforma en:	$p_d = \gamma (z_o - z)$
Atendiendo a la Figura  ($z_o - z = h$); y eliminando el subíndice:	$p = \gamma h$

Fuente: (Pedroza, 2018)

1.3.1 Relación presión-carga

Según Chuquín et al. (2020) la relación entre presión y carga en un sistema hidráulico se describe por la ecuación de Pascal:

$$P = F/A$$

Donde:

P es la presión en el fluido (Pascales, Pa)

F es la fuerza aplicada al fluido (Newtons, N)

A es el área de la superficie sobre la que se aplica la fuerza (metros cuadrados, m²)

En un sistema hidráulico, la presión aplicada en un punto del fluido se transmite a todos los demás puntos del fluido sin pérdida. Esto significa que la presión en un sistema hidráulico es independiente de la altura.

La carga en un sistema hidráulico se refiere a la fuerza que la presión del fluido ejerce sobre una superficie. La carga se puede calcular como:

$$\text{Carga} = \text{Presión} * \text{Área}$$

La carga se puede expresar en unidades de fuerza (Newtons) o en unidades de presión (Pascales) por unidad de longitud (metros).

1.3.2 Relación flujo-velocidad

Para Chuquín et al. (2020) la relación entre flujo y velocidad en un sistema hidráulico se describe por la ecuación de continuidad:

$$Q = A * v$$

Donde:

Q es el caudal del fluido (metros cúbicos por segundo, m³/s)

A es el área de la sección transversal del tubo (metros cuadrados, m²)

v es la velocidad del fluido (metros por segundo, m/s)

El caudal del fluido es el volumen de fluido que pasa por un punto en un sistema hidráulico por unidad de tiempo. La velocidad del fluido es la velocidad a la que el fluido se mueve a través de un tubo.

La ecuación de continuidad indica que el caudal del fluido es constante a lo largo de un tubo. Esto significa que, si el área de la sección transversal del tubo aumenta, la velocidad del fluido debe disminuir, y viceversa.

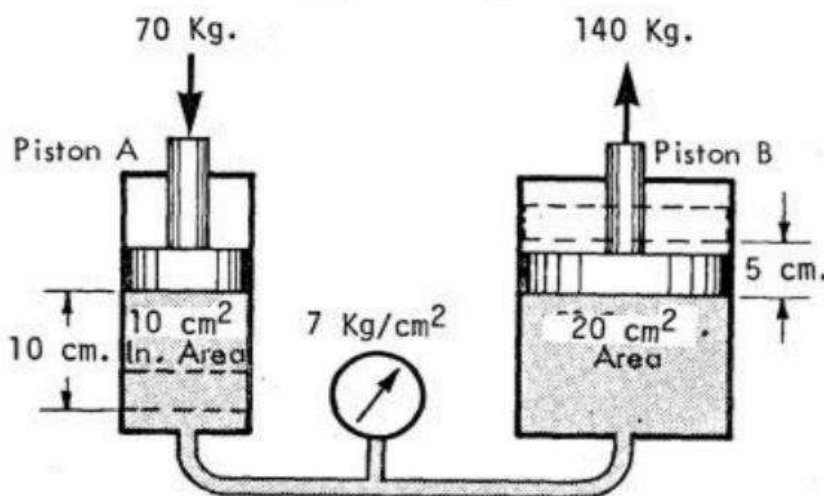
1.3.3 Multiplicadores de fuerza

El Colegio Padre Pedro Arrupe (2020) en su manual para el curso de hidráulica, describe como se multiplica la fuerza en un sistema hidráulico, este proceso o método se describe usando un ejemplo práctico:

En la siguiente figura, se describe un método de multiplicar la fuerza en un sistema hidráulico. Una fuerza de 70Kg. es aplicada sobre el pistón A. Mediante el calculo que hemos descrito, se origina una presión disponible de 7 Kg/cm².

Figura 10

Método para multiplicar la fuerza de un sistema hidráulico



Fuente: (Colegio Padre Pedro Arrupe, 2020)

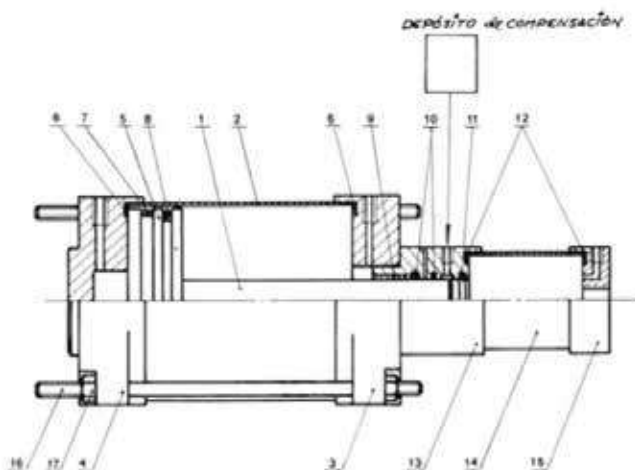
Esta presión actúa sobre la superficie del pistón B de 20 cm². produciendo una fuerza de empuje de 140 Kg. Es decir que la fuerza aplicada sobre el pistón A es multiplicada en la misma relación, que la existente entre las áreas de los dos pistones. Este principio, de multiplicación de fuerza es empleado en el freno de los automóviles y en las prensas hidráulicas. Luego, se observa que la multiplicación de fuerzas se hace a expensas de sacrificar la carrera del cilindro B. El pistón A se mueve una distancia de 10 cm desplazando 100 cm³ (10 x 10). Esta cantidad de aceite mueve el pistón B solo 5 cm.. La velocidad de la carrera se ha sacrificado. El pistón B se mueve 5 cm. en el mismo tiempo que el pistón A recorre 10 cm.

1.3.4 Multiplicadores de presión

Para Improne (2020) El multiplicador tiene a su favor el bajo costo en comparación con la central hidráulica pero está limitado por el volumen es decir que en pequeños volúmenes a alta presión es mucho más rentable. De igual manera, estos elementos se emplean con cilindros hidráulicos cuando se necesita una elevada fuerza de empuje. En fresadoras para amarre de piezas, en mordazas, gatos, prensas, etc. Con recorridos cortos.

Figura 11

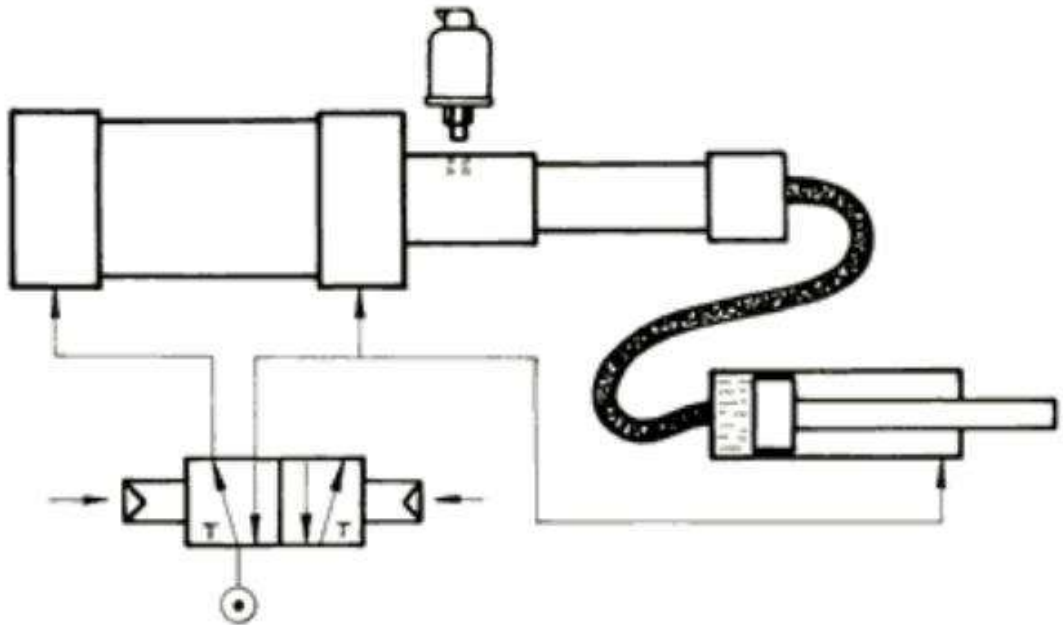
Multiplicadores de Presión lado A



Fuente: (Improne, 2020)

Figura 12

Multiplicadores de Presión lado B



Fuente: (Improne, 2020)

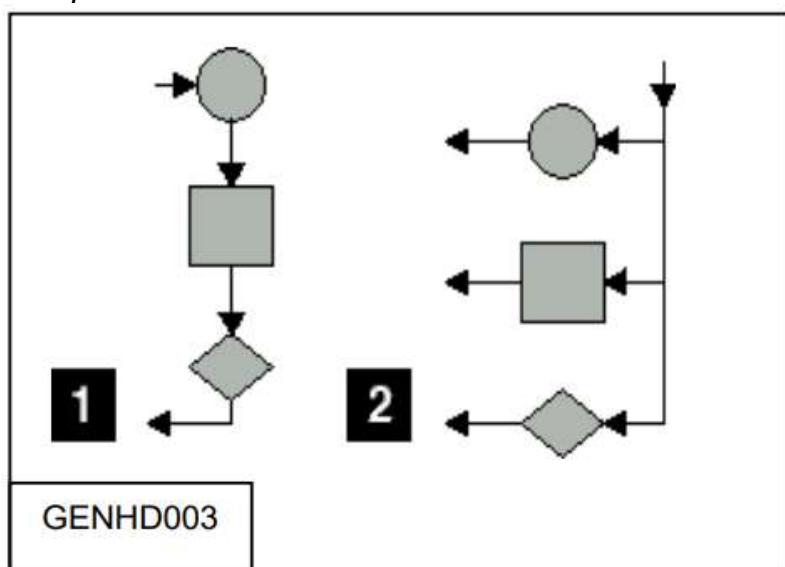
1.3.5 Circuitos en serie versus circuitos en paralelo:

Los sistemas hidráulicos se presentan en dos tipos de conexiones, en serie o en paralelo, estos presentan una forma de funcionamiento distinto y su eficiencia de trabajo se compara a continuación según Castillo (2019):

- **Comparación de Circuitos**

Castillo (2019) menciona que, cuando los componentes están conectados en serie el aceite fluye en un solo sentido, y cuando los componentes están conectados en paralelo, el aceite tiene la capacidad de fluir de forma simultánea a través de cada componente, por lo tanto el flujo tiene dos o más recorridos.

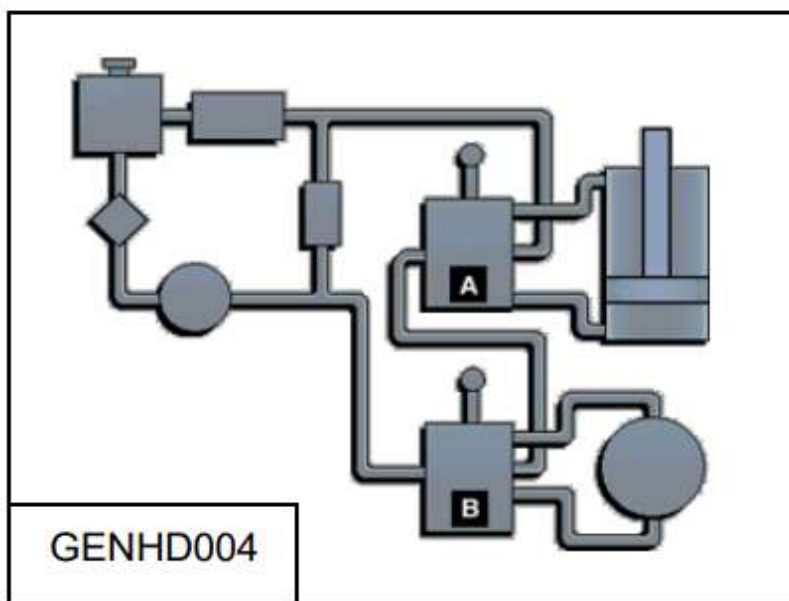
Figura 13
Comparación de circuitos



Fuente: (Castillo, 2019)

En el Circuito en serie el aceite fluye de un componente a otro hasta regresar al tanque. En este circuito, la válvula B recibe el flujo de la bomba antes que la válvula (Castillo, 2019).

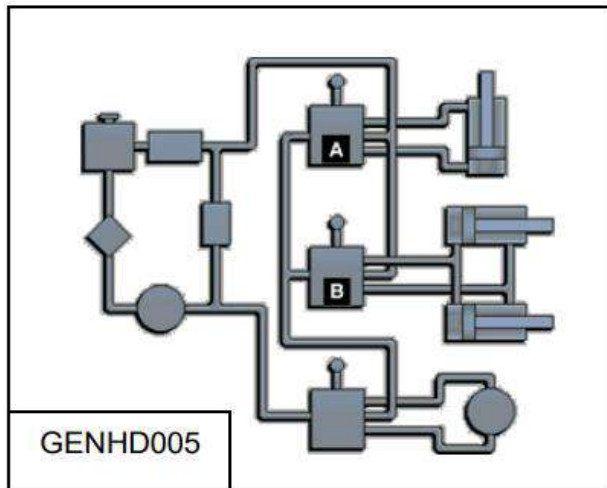
Figura 14
Circuito en Serie



Fuente: (Castillo, 2019)

Para el caso del circuito en paralelo, los componentes reciben igual flujo de la bomba, en este caso ambas válvulas reciben el flujo en forma simultánea permitiendo una operación independiente (Castillo, 2019).

Figura 15
Circuito en Paralelo



Fuente: (Castillo, 2019).

CAPÍTULO 2

Descripción general de
bombas y motores hidráulicos

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS APLICADOS A MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

Las bombas y motores hidráulicos son componentes esenciales en una amplia gama de aplicaciones, desde maquinaria industrial hasta vehículos y sistemas de generación de energía. Estos dispositivos convierten la energía mecánica en energía hidráulica y viceversa, permitiendo el control preciso de movimiento y fuerza en una variedad de escenarios. En el desarrollo de este capítulo, exploraremos los conceptos fundamentales de las bombas y motores hidráulicos, incluyendo su clasificación, principios de funcionamiento, características clave y aplicaciones comunes. Con el objetivo principal de comprender la función y el propósito de este tipo de bombas.

2.1 Función básica de bombas y motores hidráulicos

Pérez y Navarro (2020) expresan que, las bombas en los sistemas hidráulicos, están diseñadas para convertir la energía obtenida del motor eléctrico en energía de movimiento del líquido bajo presión; y son utilizadas las bombas de desplazamiento positivo, caracterizadas por entregar un caudal prácticamente independiente de la presión en el sistema y son capaces de realizar trabajos bajo altas presiones, generalmente las bombas hidráulicas son máquinas de rotor de acción volumétrica capaces de crear altas presiones producto de la presión estática, estas están conformada por cámaras de trabajo que se conforman por espacios aislados, y sellados de forma hermética y se encuentran separados unos de otros, limitados por el rotor, el estator, y el desplazador, que pueden ser un pistón, un embolo, una paleta entre otros.

De igual manera, Chalaca (2019) menciona que la “función de cualquier bomba es transformar la energía mecánica que le suministra

la fuente, que puede ser un motor eléctrico, de combustión o incluso hidráulico y transformar esta energía en energía hidráulica que se transmite a todo el sistema”(p. 49). Las bombas de interés en la oleo hidráulica son las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo, caracterizadas por dar una cantidad específica de fluido por cada carrera, revolución o ciclo, al igual, su salida a excepción de las pérdidas por fugas es independiente a la presión de salida lo que las hace especialmente ideales para transmitir potencia.

2.2 Clasificación de Bombas y Motores

2.2.1 Bombas no Regulables

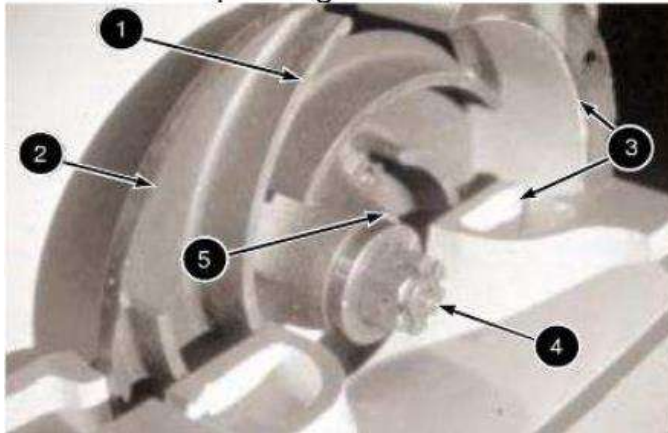
Poseen un mayor espacio libre entre las piezas fijas y en movimiento en comparación a las bombas regulables, esta característica le permite el empuje de más aceite entre las piezas a medida que la presión de salida (resistencia al flujo) aumenta. Este tipo de bomba es menos eficiente que las regulables, esto se debe a que el flujo de salida disminuye considerablemente conforme aumenta la presión de salida, también las bombas no regulables son utilizadas en aplicaciones de presión baja, como por ejemplo las bombas de agua de los vehículos o bombas de carga para bombas de pistones de sistemas hidráulicos de presión alta (Puon Castillejos, 2012).

2.2.2 Bomba de Rodete Centrífuga

La bomba de rodete centrífuga consiste de dos piezas básicas y como se muestra en la figura 13 el rodete (2), está montado en un eje de salida (4) y la caja (3), el rodete tiene en la parte trasera un disco sólido con hojas curvadas (1), moldeadas en el lado de la entrada, el aceite entra por el centro de la caja (5), cerca del eje de entrada, y fluye al rodete. Las hojas curvadas del rodete impulsan el aceite hacia afuera

contra la caja. La caja está diseñada de tal modo que dirige el aceite al orificio de salida, tal como se describe en la siguiente figura (Jimenez, 2023).

Figura 16
Bomba de rodete centrífuga



Fuente: (Jimenez, 2023)

Figura 17
Clasificación de las Bombas



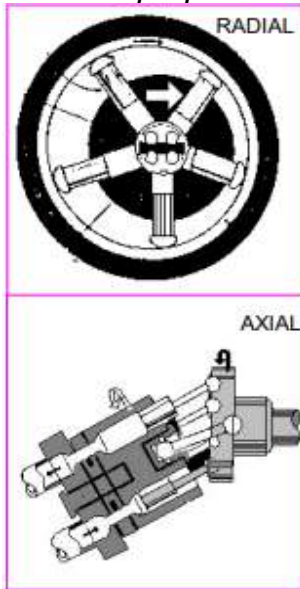
Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

2.2.3 Bombas Tipo Pistón

Dentro de sus características principales se encuentran que su desplazamiento fijo o variable, son sensibles a la contaminación, poseen un límite de presión: 10.000 Lb/plg² y son adecuadas solo para fluidos acuosos (Escuela Politécnica Nacional, 2020).

Figura 18

Bomba tipo pistón



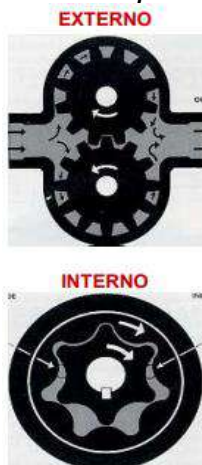
Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

2.2.4 Bombas Tipo Engranaje:

Se destaca dentro de sus características que su desplazamiento es fijo, posee un diseño desbalanceado, es relativamente insensible a la contaminación, posee límites de presión más elevados (hasta 3.000 lb/plg²) y son de bajo costo (Escuela Politécnica Nacional, 2020).

Figura 19

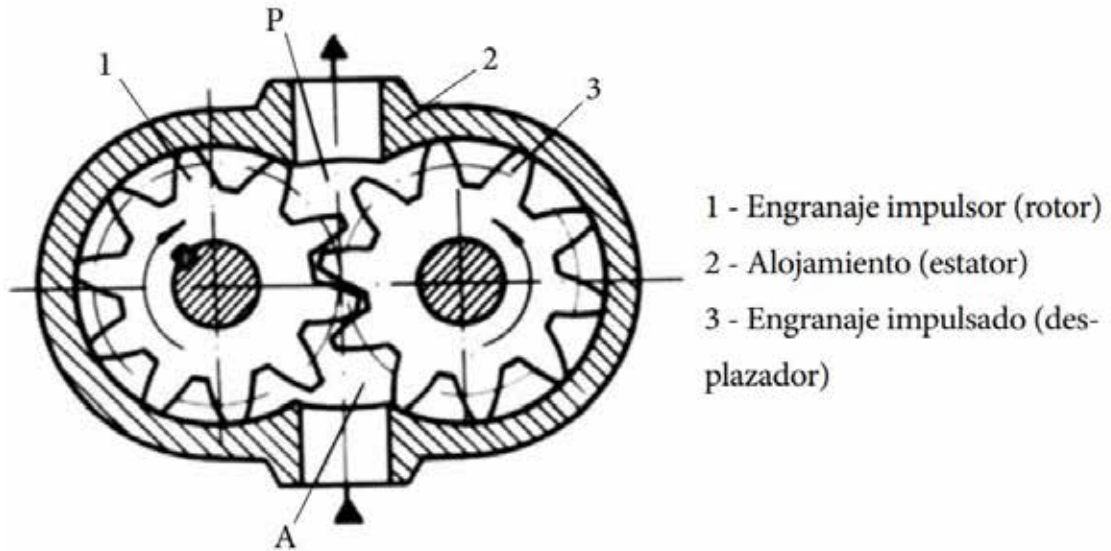
Bomba tipo engranaje



Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

Figura 20

Representación Esquemática de bomba de engranajes

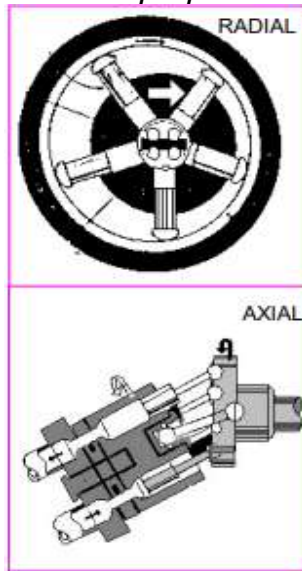


Fuente: (Pérez y Navarro, 2020)

Perez y Navarro (2020) explican lo siguiente:

La rueda motriz 1 está unida por chaveta al árbol de arrastre, accionado generalmente por un motor eléctrico. Las tuberías de succión (A) y de presión (B) van conectadas cada una por un lado del cuerpo de la bomba. Las cámaras de trabajo de la bomba son cavidades entre los dientes de las ruedas 1 y 3. Al girar las ruedas, como se muestra por las flechas, en la cavidad inferior (A_{cs}), los dientes se desengranan incrementando el volumen y se produce un vacío. El líquido bajo la acción de la presión atmosférica, llena las cavidades de las ruedas y al girar estas últimas se traslada o desplaza a lo largo del cuerpo mandrinado del conducto hacia la cavidad de presión (B_{cp}). Aquí los dientes de nuevo se engranan y expulsan el líquido hacia la tubería de presión. Generalmente no todo el líquido se expulsa a la cavidad de presión. Una parte del líquido, por las holguras radiales y por los extremos, pasa a la cavidad A_{cs} (p.115)

Figura 18
Bomba tipo pistón

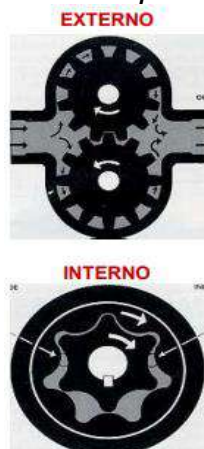


Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

2.2.4 Bombas Tipo Engranaje:

Se destaca dentro de sus características que su desplazamiento es fijo, posee un diseño desbalanceado, es relativamente insensible a la contaminación, posee límites de presión más elevados (hasta 3.000 lb/plg²) y son de bajo costo (Escuela Politécnica Nacional, 2020).

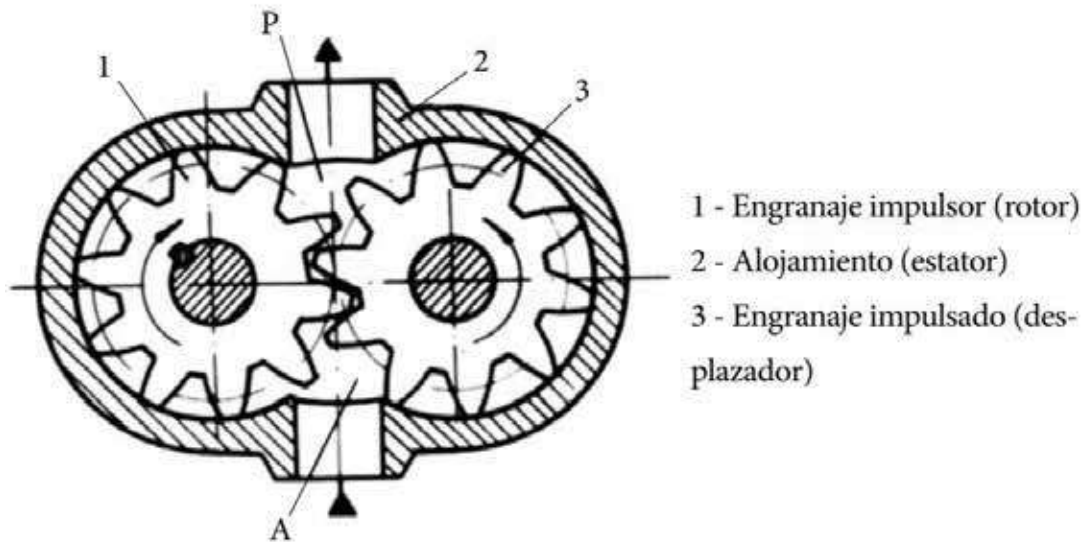
Figura 19
Bomba tipo engranaje



Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

Figura 20

Representación Esquemática de bomba de engranajes



Fuente: (Pérez y Navarro, 2020)

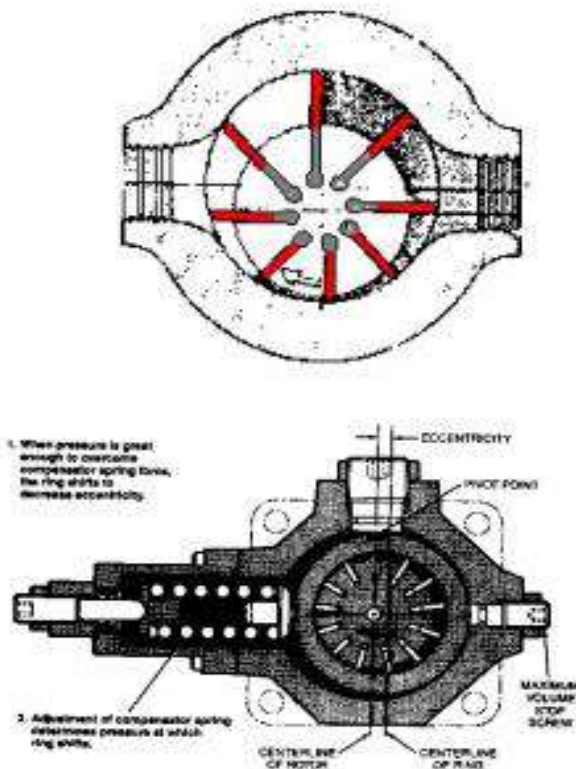
Perez y Navarro (2020) explican o siguiente:

La rueda motriz 1 está unida por chaveta al árbol de arrastre, accionado generalmente por un motor eléctrico. Las tuberías de succión (A) y de presión (B) van conectadas cada una por un lado del cuerpo de la bomba. Las cámaras de trabajo de la bomba son cavidades entre los dientes de las ruedas 1 y 3. Al girar las ruedas, como se muestra por las flechas, en la cavidad inferior (A_{cs}), los dientes se desengranan incrementando el volumen y se produce un vacío. El líquido bajo la acción de la presión atmosférica, llena las cavidades de las ruedas y al girar estas últimas se traslada o desplaza a lo largo del cuerpo mandrinado del conducto hacia la cavidad de presión (B_{cp}). Aquí los dientes de nuevo se engranan y expulsan el líquido hacia la tubería de presión. Generalmente no todo el líquido se expulsa a la cavidad de presión. Una parte del líquido, por las holguras radiales y por los extremos, pasa a la cavidad A_{cs} (p.115)

2.2.5 Bombas Tipo Álabes:

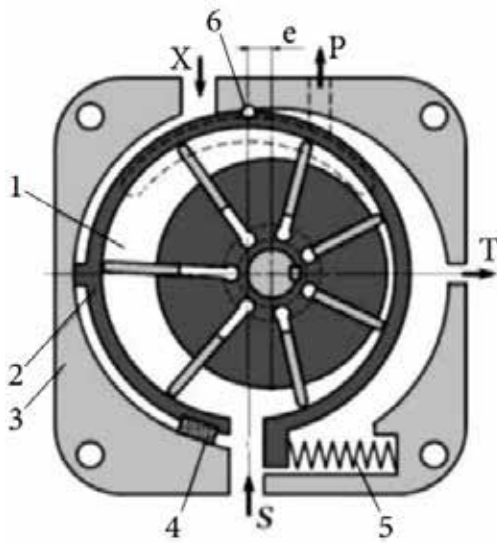
Esta es una de las bombas más sencillas de todas las bombas existentes, por eso característica son utilizadas en los sistemas hidráulicos, son seguras durante su uso no son pesadas, muestran alto rendimiento y generan un suministro más uniforme del líquido en comparación con las bombas de engranajes de dientes rectos, este tipo de bombas son capaces de trabajar con presiones de 10 MPa a 20 MPa y con velocidades de rotación entre 500 y 3000 rpm y dentro de sus características se mencionan que son capaces de tener un desplazamiento fijo o variable, su diseño puede ser balanceado o desbalanceado, son sensibles a la contaminación y su límite de presión es de 3.000 Lb/plg² (Escuela Politécnica Nacional, 2020).

Figura 21
Bombas tipo Álabes



Fuente: (Escuela Politécnica Nacional, 2020)

Figura 22
Esquema Bomba tipo Álabes



- 1 - Cámara de trabajo
- 2 - Anillo del estator
- 3 - Cuerpo
- 4 - Sello
- 5 - Resorte de retorno
- 6 - Soporte articulado del anillo del estator
- e - Excentricidad
- S - Línea de succión
- P - Línea de descarga
- X - Línea de presión de control
- T - Línea de fugas

Fuente: (Pérez y Navarro, 2020)

El rotor de la bomba se encuentra unido al árbol impulsor, donde los apoyos están disponibles en el cuerpo y en la tapa, en el rotor hay surcos radiales o también pueden estar dispuestas de forma inclinadas hacia el radio, donde se ubican las paletas en forma de láminas, que al hacer su trabajo estas paletas se aprietan al estator gracias a las fuerzas centrífugas y fuerzas del resorte, ya que existe excentricidad. Las paletas dispuestas en el rotor de la bomba poseen un movimiento complejo, pues al mismo tiempo giran junto al rotor y se desplazan a través de las ranuras, mientras el rotor gira en sentido de las agujas del reloj, las cámaras de trabajo ubicadas a la izquierda de la línea vertical tienen comunicación con la cavidad de aspiración, los volúmenes de las cámaras aumentan y este provoca un vacío generando que el líquido bajo la acción de la diferencia de presiones, pasa desde el depósito y llene las cámaras de trabajo formadas entre las paletas, el rotor, y el alojamiento; y este conjunto queda cerrado lateralmente por las placas laterales (Pérez y Navarro, 2020).

2.3 Bombas y motores hidrostáticos versus hidrodinámicos

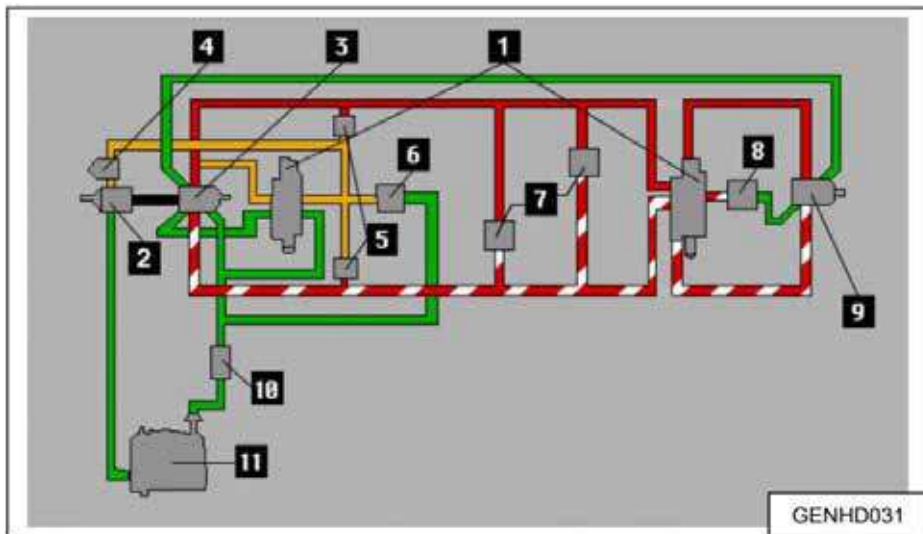
2.3.1 Principios de funcionamiento

Castillo (2019), expresa que la mayoría de los sistemas hidrostáticos de impulsión de las máquinas Caterpillar son sistemas de circuito cerrado, esto quiere decir que el aceite que regresa del motor se dirige de forma directa hacia la entrada de la bomba, para ello es necesario el uso de una bomba de carga que permite llenar el sistema en el momento del arranque y rellenar el aceite que se pierde debido a las fugas en el sistema. En el sistema a continuación se tiene:

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. Válvula de control direccional. | 2. Bomba de carga. |
| 3. Bomba principal. | 4. Filtro. |
| 5. Válvula de compensación.
de carga. | 6. Válvula de alivio |
| 7. Válvula de alivio cruzado. | 8. Válvula de alivio. |
| 9. Motor. | 10. Enfriador. |
| 11. Tanque. | |

Lo anterior se demuestra en la siguiente figura

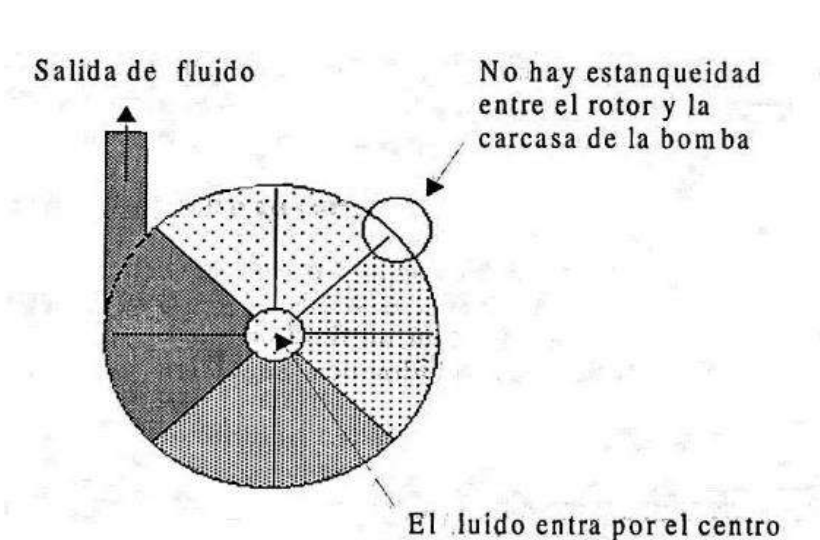
Figura 23
Sistemas de Mando Hidrostático



Fuente: (Castillo, 2019).

Las bombas Hidrodinámicas son utilizadas generalmente para transportar líquidos, donde la energía que se añade al líquido es cinética y funciona por medio de una fuerza de rotación donde el líquido entra a través del eje de la bomba y es empujado hacia fuera por el elemento (álabes, turbina), que gira a gran velocidad (Chicaiza y Villarroel, 2023). Tal como se describe en la siguiente figura.

Figura 24
Bombas Hidrodinámicas



Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023).

2.3.2 Curvas Características

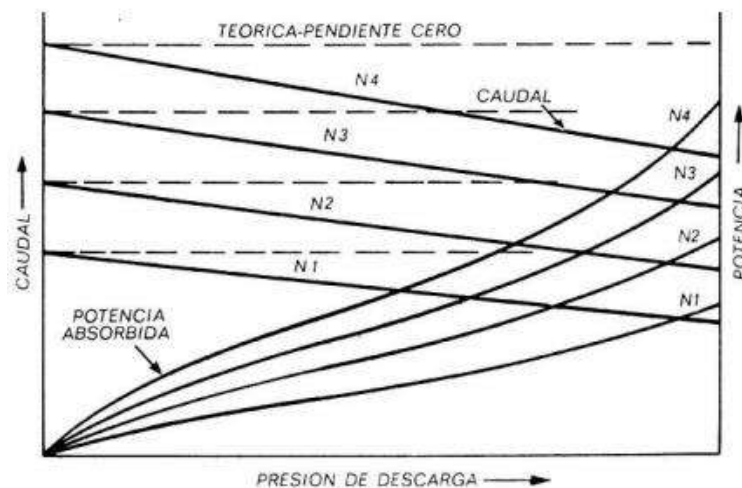
Las curvas de desempeño que definen el funcionamiento de una bomba rotativa, son típicamente:

- Caudal vs presión
- Potencia vs presión
- Eficiencia vs presión

En la siguiente figura, se pueden observar el comportamiento típico de una bomba de desplazamiento positivo de tipo rotativo para diferentes velocidades de rotación.

Figura 25

Curvas de desempeño de una BDP rotativa para diferentes velocidades de rotación. $N1 < N2 < N3$

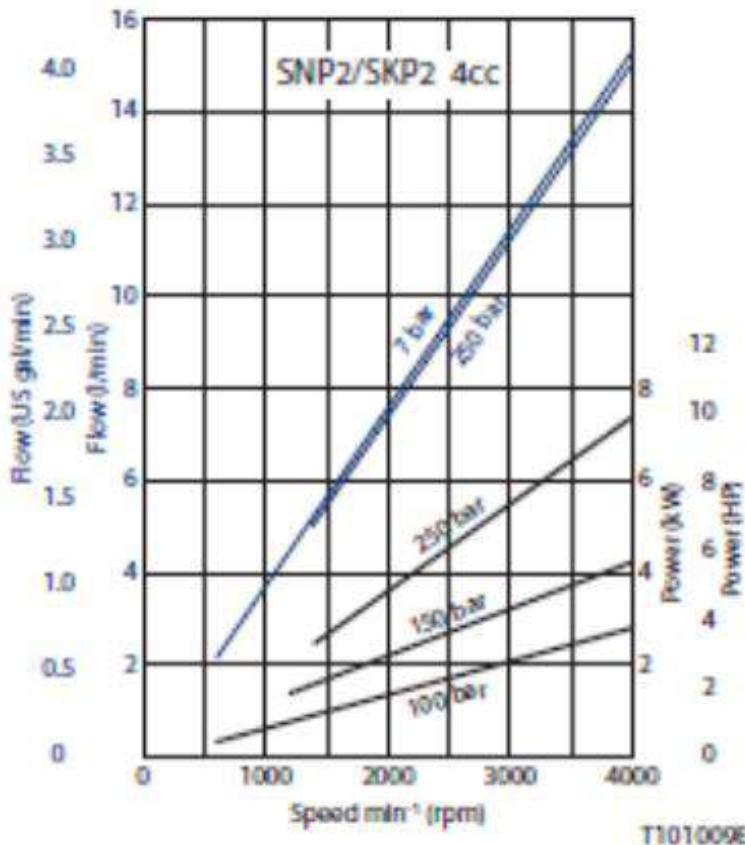


Fuente: (Universidad Tecnológica de Pereira, UTP, 2019)

Sin embargo, conviene conocer las curvas de operación que proporcionan los fabricantes para diferentes valores de presión, lo cual se detalla a continuación en la siguiente figura.

Figura 26

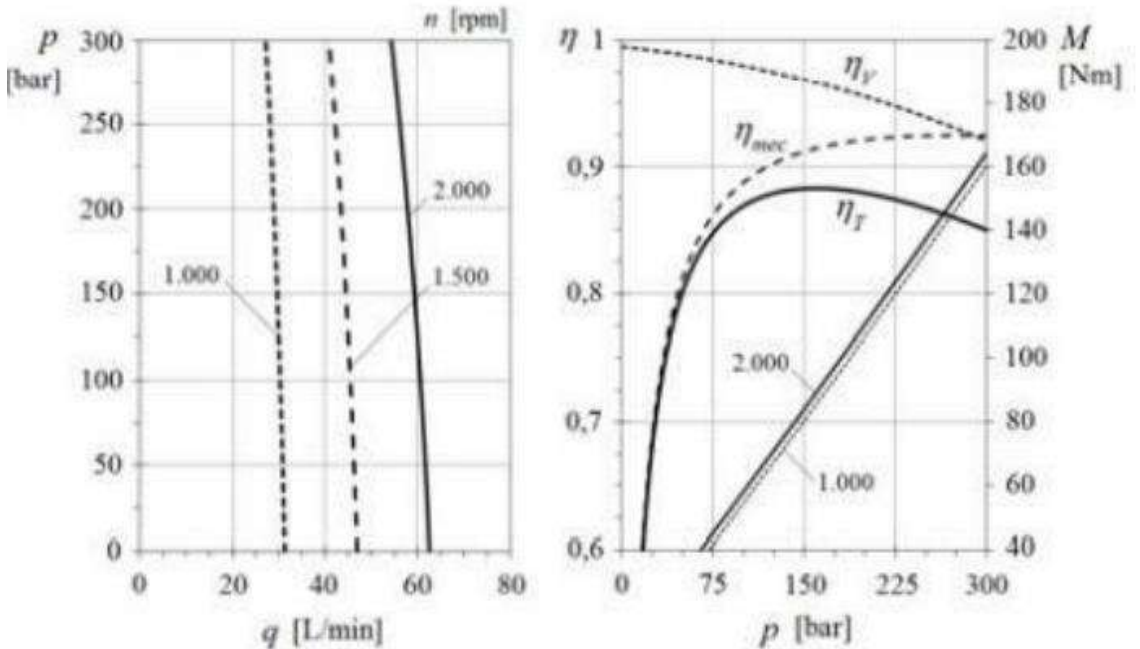
Curvas de operación de una bomba rotativa para diferentes valores de presión



Fuente: (Universidad Tecnológica de Pereira, UTP, 2019)

Por otro lado, Barrera y Llanos (2021) describen que las bombas de desplazamiento positivo a diferencia de las bombas centrífugas, es común encontrar que las curvas de funcionamiento tienden a ser líneas rectas, esto es debido a que el volumen en el interior de la cámara no es variable por su geometría interna. Para rpm constantes, el caudal entregado es independiente de la presión y depende del volumen de la cámara en el interior de la bomba.

A continuación, se detallan las curvas características de este tipo de bombas

Figura 27*Curvas características de una bomba de desplazamiento positivo*

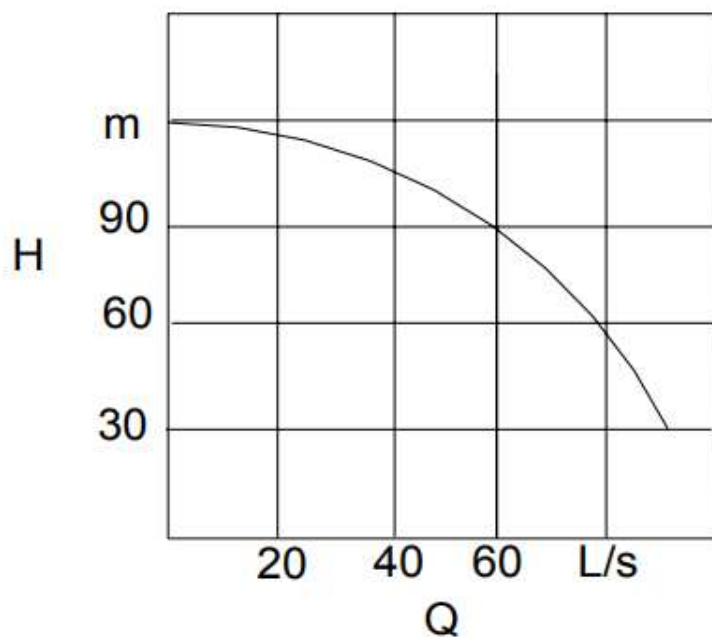
Fuente: (Barrera y Llanos, 2021).

De igual manera, Cortés y Nieves (2019) exponen que las gráficas sobre las condiciones de un sistema de bombeo existente o propuesto, pueden ser factores de gran importancia para analizar el sistema, por medio de las gráficas se pueden adaptar las bombas rotatorias y reciprocantes, en este sentido para seleccionar una curva de manera apropiada es una determinada aplicación es necesario el uso de por lo menos un punto de la curva del sistema de columna, en el caso de algunas aplicaciones, se puede utilizar dos o más puntos para obtener la disposición más económica. Una vez conocida la magnitud, se puede tomar una decisión considerando que las pérdidas pueden despreciarse en los cálculos de columna del sistema.

Las figuras que se muestran a continuación determinan las características de una bomba centrífuga.

Figura 28

La carga hidráulica de la bomba es representada por la curva

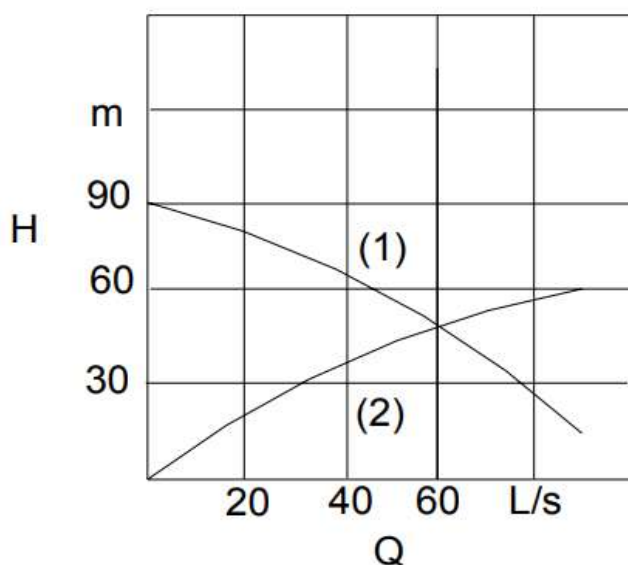


Fuente: (Cortés y Nieves., 2019)

La curva anterior, representa la carga hidráulica contra el gasto, correspondiente a una bomba.

Figura 29

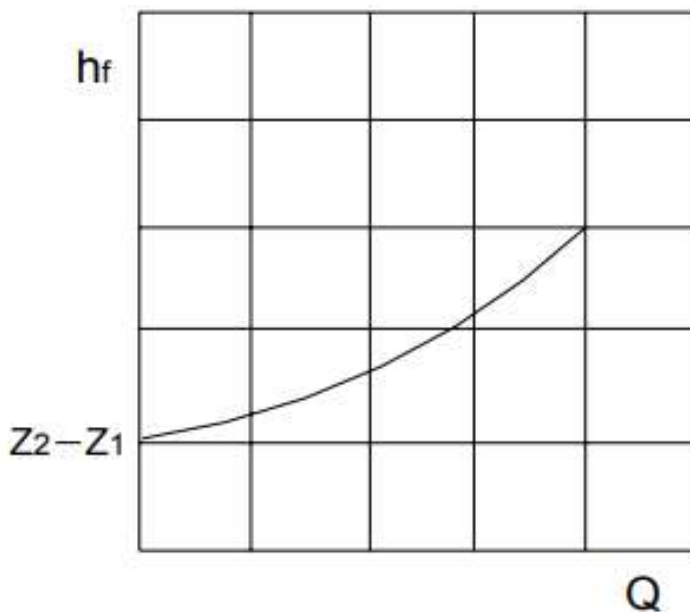
Para un sistema de tubería se representa por la curva siguiente



Fuente: (Cortés y Nieves, 2019)

El sistema alimentado por la bomba se intercepta en un punto donde el cambio de la carga hidráulica y los gastos son iguales. Seguidamente con respecto a las curvas de fricción del sistema típico, se determina que las pérdidas de carga por fricción en un sistema de bombeo, son una función provocada por tamaño del tubo, su longitud, el número y el tipo de los accesorios, así como la velocidad del flujo del líquido y la naturaleza de éste. Una gráfica de columna, capacidad, lleva el nombre de curva de fricción del sistema. Tal curva pasa siempre en la gráfica por ($Q = 0$), debido a que cuando no hay columna desarrollada por la bomba, no hay flujo en el sistema de tubería.

Figura 30
Curva de fricción del sistema

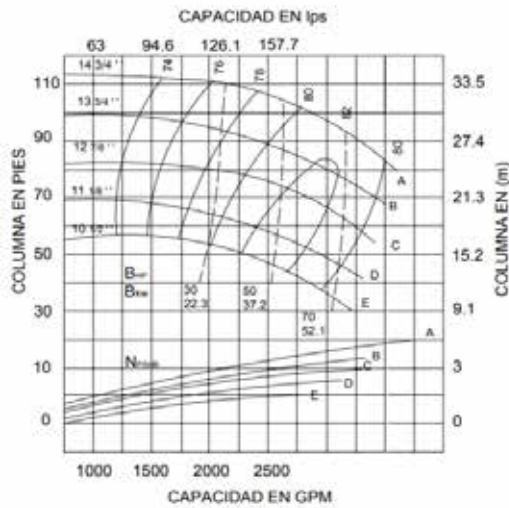


Fuente: (Cortés y Nieves., 2019)

- Gráfica de una bomba horizontal.

Esta gráfica refleja como las características del NPSHB pueden ser dibujadas sobre una curva con condiciones distintivas de una bomba centrífuga horizontal.

Figura 31
Gráfica de una bomba horizontal



Fuente: (Cortés y Nieves., 2019)

2.3.3 Aplicaciones

Las aplicaciones de la oleo hidráulica son muy variadas, sin embargo, las industrias que más la aplican son las siguientes:

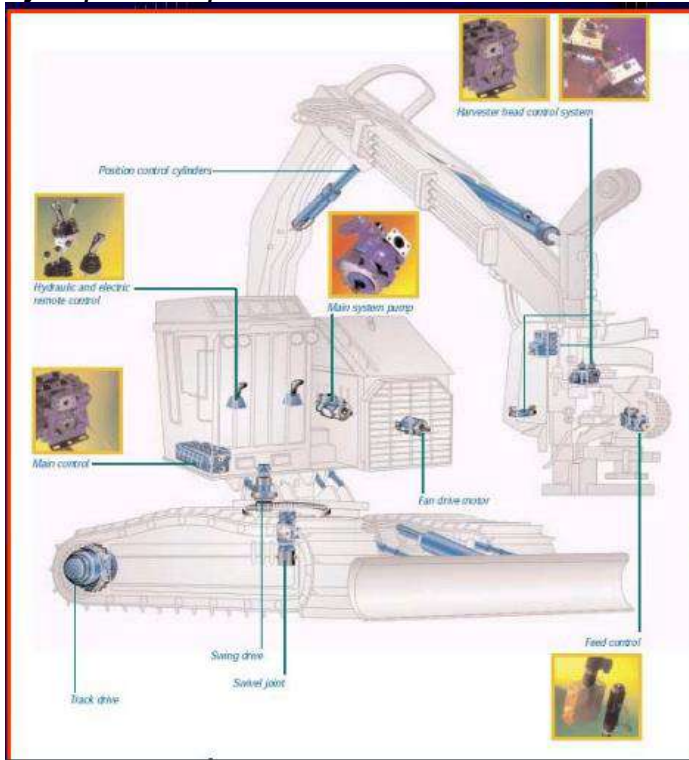
- Industria metal mecánica
- Industria siderúrgica
- Industria Eléctricas y Electromecánica
- Industria Química
- Industria Textil
- Industria de la madera y el papel
- Industria Naval

En aplicaciones como

- Prensas
- Acerías (Alto Horno)
- Servo Motor
- Maquinaria Móvil
- Elevadores
- Palas Mecánicas

Figura 32

Ejemplo de aplicaciones de la oleohidráulica



Fuente: (Intendencia Montevideo, 2019)

2.4 Bombas y motores de desplazamiento fijo versus variable

Según Pérez y Navarro las bombas de desplazamiento positivo se caracterizan por entregar un caudal prácticamente independiente de la presión en el sistema y así son capaces de trabajar soportando altas presiones. Mientras que las de desplazamiento son bombas hidráulicas que pueden variar su caudal durante el funcionamiento. El caudal de una bomba de desplazamiento variable se ajusta mediante un mecanismo que modifica el volumen de la cámara de bombeo.

2.4.1 Comparación funcional

A continuación, se extrae la información plasmada por Pérez y Navarro (2020) para presentar una comparativa de las bombas y motores de desplazamiento fijo y variable:

➤ Bombas:

○ Desplazamiento fijo:

- Caudal constante: La bomba entrega un caudal constante independientemente de la presión o la carga.
- Eficiencia variable: La eficiencia de la bomba varía con la presión y la carga.
- Costo menor: Las bombas de desplazamiento fijo son generalmente menos costosas que las bombas de desplazamiento variable.
- Aplicaciones: Las bombas de desplazamiento fijo se utilizan en aplicaciones donde se requiere un caudal constante, como en sistemas de riego y sistemas de lubricación.

○ Desplazamiento variable:

- Caudal ajustable: El caudal de la bomba se puede ajustar para satisfacer las necesidades de la aplicación.
- Eficiencia mayor: Las bombas de desplazamiento variable son generalmente más eficientes que las bombas de desplazamiento fijo, ya que solo bombean la cantidad de líquido que se necesita.
- Costo mayor: Las bombas de desplazamiento variable son generalmente más costosas que las bombas de desplazamiento fijo.
- Aplicaciones: Las bombas de desplazamiento variable se utilizan en aplicaciones donde se requiere un caudal ajustable, como en máquinas herramienta, vehículos móviles y sistemas de generación de energía.

Motores

- Desplazamiento fijo:
 - Velocidad constante: El motor gira a una velocidad constante independientemente de la carga.
 - Par variable: El par del motor varía con la carga.
 - Costo menor: Los motores de desplazamiento fijo son generalmente menos costosos que los motores de desplazamiento variable.
 - Aplicaciones: los motores de desplazamiento fijo se utilizan en aplicaciones donde se requiere una velocidad constante, como en ventiladores y bombas.
- Desplazamiento variable
 - 1.2 Velocidad ajustable: El motor se puede ajustar para satisfacer las necesidades de la aplicación.
 - Par constante: El motor puede proporcionar un par constante a diferentes velocidades.
 - Costo mayor: Los motores de desplazamiento variable son generalmente más costosos que los motores de desplazamiento fijo.
 - Aplicaciones: Los motores de desplazamiento variable se utilizan en aplicaciones donde se requiere una velocidad ajustable, como en máquinas herramienta, vehículos +móviles y sistemas de generación de energía.

2.4.2 Características de las bombas y motores de desplazamiento variable

- Valores nominales de la presión
- Desplazamiento

- Caudal
- Rendimiento volumétrico

2.4.3 Controladores para bombas y motores de desplazamiento variable

Barrera y Llanos (2021) mencionan que los controladores para bombas y motores de desplazamiento variable se utilizan para ajustar el caudal o la velocidad de la bomba o del motor para satisfacer las necesidades de la aplicación.

Entre los mas usados se encuentran los siguientes:

- Controladores de lazo abierto: Estos controladores no tienen sensores para medir el caudal o la velocidad de la bomba o del motor. En su lugar, se basan en una señal de entrada fija, como la posición del acelerador o la velocidad deseada.
- Controladores de lazo cerrado: Estos controladores tienen sensores para medir el caudal o la velocidad de la bomba o del motor. La señal del sensor se utiliza para ajustar la señal de control para mantener el caudal o la velocidad a la velocidad deseada.
- Controladores PID: Los controladores PID son un tipo de controlador de lazo cerrado que utiliza un algoritmo proporcional-integral-derivativo para ajustar la señal de control. Los controladores PID son muy populares para controlar bombas y motores de desplazamiento variable debido a su precisión y robustez.

2.5 Similitudes y diferencias entre bombas y motores

Ramírez (2021) menciona que, los motores hidráulicos se clasifican según su desplazamiento (tamaño), par y límite de presión máxima, y en cuanto a:

- Desplazamiento: se refiere a la cantidad de fluido que necesita un motor para poder dar una revolución, es decir, la capacidad de una cámara multiplicada por el número de cámaras que contiene, esto se expresa en cm^3 por revolución (Ramírez, 2021).
- Par: esto es equivalente a lo que significa la fuerza en un cilindro, y este es definido como el esfuerzo de rotación, es decir que un motor hidráulico es capaz de dar un par sin movimiento, pero éste solo ocurre si el par es suficiente como para vencer el roce y la resistencia de la carga. Asimismo, se indica que el par se expresa generalmente en m.kp (Ramírez, 2021).
- Presión: esta es necesaria para que un motor hidráulico funcione y este va a depender del par y del desplazamiento, lo que significa que, un motor con gran desplazamiento desarrollará un par determinado con menos presión en comparación a un motor que posea un desplazamiento más pequeño. El par desarrollado por un motor se expresa generalmente en m.kp a una presión de 7 kp/cm² (Ramírez, 2021).

2.6 Definición del tamaño de la bomba y el motor

Las fórmulas siguientes se utilizan para seleccionar un motor hidráulico y determinar el caudal y presión necesarios.

- a) Seleccionar el motor requerido para un trabajo:

$$\begin{aligned} \text{Par nominal (m.kp/7 kp/cm}^2 \text{)} &= \\ &= \frac{\text{Par necesario (m.kp)} \times 7}{\text{Presión de funcionamiento (kp/cm}^2 \text{)}} \end{aligned}$$

- b) Encontrar la presión de funcionamiento para un motor y carga dados:

$$\begin{aligned} \text{Presión de funcionamiento (kp/cm}^2 \text{)} &= \\ &= \frac{\text{Par necesario (m.kp)} \times 7}{\text{Par nominal (m.kp/7 kp/cm}^2 \text{)}} \end{aligned}$$

- c) Determinar el par máximo para una presión y par nominal determinados. Par necesario (m.kp) = Par nominal (m.kp/7 kp/cm²) x Presión de funcionamiento (kp/cm²):7
- d) Determinar el par cuando se conocen la presión y el desplazamiento:

$$\text{Par (m.kp)} = \frac{10 \text{ Presión (kp/cm}^2 \text{)}}{2\pi \text{ Desplazamiento (litros/rev.)}}$$

2.7 Definición del caudal de la bomba y el motor

Para el caudal, se procede de la siguiente manera según Aedo (2019):

Determinar el caudal requerido para un motor y una velocidad determinados:

$$\text{Caudal (l/min)} = \frac{\text{R.P.M.} \times \text{Desplazamiento (cm}^3 \text{/rev.)}}{1000}$$

Encontrar la velocidad de rotación cuando se conocen el desplazamiento y el caudal

$$\text{R.P.M.} = \frac{1000 \text{ Caudal (l/min.)}}{\text{Desplazamiento (cm}^3 \text{ /rev.)}}$$

2.8 Pérdidas de potencia en bombas y motores

Las bombas y motores hidráulicos también tienen pérdidas de energía producto de la fricción de las partes mecánicas y del propio fluido, es decir lo que se conoce como pérdidas mecánicas. Por lo anterior Pérez y Navarro (2020) indican que los “momentos torsores en los árboles de una bomba y motor hidráulico se determinan en función del momento torsor teórico (M_t) y las pérdidas del momento torsor por causa de la fricción entre las piezas y las partículas del líquido (ΔM)” (p.111), a través de las siguientes expresiones:

$$M_b = M_t + \Delta M$$

$$M_h = M_t - \Delta M$$

A través de la expresión (a) se puede calcular el M_t , con base en la potencia teórica (N_{tb-h}) (potencia a la salida de la bomba o a la entrada del motor) y la velocidad angular del árbol (w) (Pérez y Navarro, 2020).

$$M_t = \frac{N_{tb-h}}{w} = \frac{Q \cdot \Delta p_{b-h}}{2\pi \cdot n} = \frac{V_{tb-h} \cdot \Delta p_{b-h}}{2\pi}$$

De igual manera, se menciona que las pérdidas mecánicas son consideradas por el rendimiento mecánico, y este último se calcula según la siguiente expresión (b)

$$\eta_{mb} = \frac{M_h}{M_t} = \frac{M_t - \Delta M}{M_t} = \frac{1}{1 + \frac{2\pi \cdot \Delta M}{V_{tb} \cdot \Delta p_b}} \quad (b)$$

2.8.1 Eficiencia volumétrica

El cálculo de la potencia de accionamiento de la bomba se lleva a cabo a través de la expresión:

$$N_{acc} = \frac{N_{tb}}{\eta_{Tb}}$$

2.8.2 Eficiencia hidromecánica

Para el cálculo de la eficiencia o potencia hidromecánica será según la siguiente expresión:

$$M_h = \frac{V_{th} \cdot \Delta p_b \cdot \eta_{mh}}{2\pi}$$

2.8.3 Eficiencia Total

Avelar et al. (2020) mencionan que la eficiencia total de una bomba en un sistema hidráulico se refiere al porcentaje de la potencia mecánica que se convierte en potencia hidráulica. Es el resultado de la multiplicación de la eficiencia volumétrica y la eficiencia mecánica de la bomba, y viene dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia total} = \text{Eficiencia volumétrica} * \text{Eficiencia mecánica}$$

2.8.4 Eficiencia de las condiciones operativas

Según Chuquín et al. (2020) la bomba no convierte por completo la energía cinética en presión, ya que parte de esta energía se pierde durante el proceso, existen tres (3) áreas donde la energía cinética se pierde y no se logra convertirse en trabajo útil, por medio de la eficiencia de la bomba se puede dar una explicación de estas pérdidas, y entre estas eficiencias se mencionan:

Eficiencia hidráulica (fricción del líquido con las cubiertas del impulsor): esta es una función de la velocidad y la geometría del impulsor. Otras pérdidas son por golpes durante cambios rápidos de dirección a lo largo del impulsor y la voluta; Eficiencia volumétrica (pérdidas de recirculación en anillos de desgaste, casquillos entre etapas y otros); Eficiencia mecánica (fricción en sellos o empaquetaduras y cojinetes (Chuquin et al. 2020, p.159).

La ecuación que modela la curva de rendimiento de las bombas rotodinámicas es,

Curva Rendimiento Caudal, (η -Q):

$$\eta_B = \mp EQ \mp FQ^2$$

η_B Rendimiento de la Bomba.

E y F: coeficientes del polinomio representativo de la curva.

Q: caudal impulsado por la bomba (m³/s).

2.8.5 Evaluación del desempeño de una bomba

Para la evaluación del desempeño de una bomba es un proceso que se utiliza para determinar si la bomba está funcionando correctamente y cumpliendo con las expectativas. La evaluación se basa en la comparación de los datos reales de la bomba con los datos de diseño o con los datos de referencia de bombas similares. Los parámetros a considerar son los siguientes, descritos por Aedo (2019):

- Caudal: El caudal es la cantidad de líquido que la bomba bombea por unidad de tiempo. Se suele medir en litros por minuto (l/min) o metros cúbicos por hora (m³/h).
- Presión: La presión es la fuerza que la bomba ejerce sobre el líquido. Se suele medir en bares (bar) o en libras por pulgada cuadrada (psi).
- Potencia: La potencia es la energía que la bomba consume para funcionar. Se suele medir en kilovatios (kW) o en caballos de fuerza (hp).
- Eficiencia: La eficiencia es la relación entre la potencia útil que la bomba entrega al líquido y la potencia total que consume la bomba. Se suele expresar como un porcentaje.

Para ello, Chuquín et al. (2020) plantea el siguiente procedimiento:

El rendimiento de la bomba se refiere a la relación existente entre la potencia hidráulica y la consumida o al freno, este es generalmente, proporcionado por los constructores de la bomba y toman en consideración las pérdidas por fugas que es el rendimiento volumétrico y también por rozamientos en ejes y caras del impulsor (rendimiento mecánico).

$$PFRENO = 0,001396 F d N (cv)$$

$$PFRENO = 0,001396 T N (cv)$$

Donde;

T = F d torque aplicado en el eje de la bomba (kgf*m). F carga aplicada en el dinamómetro (kgf). d longitud del brazo (m). N número de rpm.

$$Conversión = kg\ m \frac{rev}{min} \left[\frac{9,81\ N}{1\ kgf} \right] \left[\frac{1\ min}{60\ s} \right] \left[\frac{2\ \pi}{1\ rev} \right] \left[\frac{1\ CV}{736\ W} \right] = 0,0013$$

La potencia hidráulica se calcula a través de la ecuación:

$$P_{hidráulica} = \frac{\gamma Q H_B}{75} (cv)$$

Asimismo, Chuquin et al. (2020) mencionan que existen cuatro potencias relacionadas con el grupo de bombeo y estas son: la potencia absorbida por la red eléctrica, la potencia hidráulica entregada al fluido, la potencia absorbida por el eje de la bomba y la potencia nominal del motor.

- Consumo de combustible: se trata de la cantidad de combustible que consumido por el motor por cada unidad de tiempo. Se mide en unidades de galones por hora (gph) o litros por hora (lph).
- Emisiones: las emisiones son los gases que libera el motor al ambiente. Se miden en unidades de gramos por kilovatio-hora (g/kWh).

Para el motor

Aedo (2019), expresa que, la potencia eléctrica suministrada a las bombas (P1) puede ser calculada a través de las expresiones:

Motor Monofásico $P_{Eléctrica}(W) = V I \cos\varphi$

Motor Trifásico $P_{Eléctrica}(W) = \sqrt{3} U I \cos\varphi$

I=Intensidad: Intensidad absorbida por el motor (A).

P=Potencia activa.

Potencia nominal del motor, potencia en el eje (W).

U=Tensión de línea para suministros trifásicos.

Tensión de fase para suministros monofásicos (V).

FP= $\cos \varphi$ Factor de potencia (adimensional).

Existen dos tipos de motores que dependen del tipo de instalación que tengan y estos son los monofásicos y trifásicos según los requerimientos del usuario.

- Consumo de combustible: se trata de la cantidad de combustible que consumido por el motor por cada unidad de tiempo. Se mide en unidades de galones por hora (gph) o litros por hora (lph).
- Emisiones: las emisiones son los gases que libera el motor al ambiente. Se miden en unidades de gramos por kilovatio-hora (g/kWh).

Para el motor

Aedo (2019), expresa que, la potencia eléctrica suministrada a las bombas (P1) puede ser calculada a través de las expresiones:

Motor Monofásico $P_{Eléctrica}(W) = V I \cos\varphi$

Motor Trifásico $P_{Eléctrica}(W) = \sqrt{3} U I \cos\varphi$

I=Intensidad: Intensidad absorbida por el motor (A).

P=Potencia activa.

Potencia nominal del motor, potencia en el eje (W).

U=Tensión de línea para suministros trifásicos.

Tensión de fase para suministros monofásicos (V).

FP= $\cos \varphi$ Factor de potencia (adimensional).

Existen dos tipos de motores que dependen del tipo de instalación que tengan y estos son los monofásicos y trifásicos según los requerimientos del usuario.

2.10 Tipos de bombas y motores

- Motores de Engranajes: este tipo de motor desarrolla un par producto de la presión que aplican los dientes de los engranajes sobre la superficie, al acoplarse los dos engranajes giran en conjunto, estando solo acoplados uno de ellos al eje de accionamiento, el sentido de rotación del motor puede lograr invertirse si se invierte la dirección del caudal, y el desplazamiento de un motor de engranajes es fijo siendo aproximadamente igual al volumen comprendido entre dos dientes multiplicados por el número de dientes (Hernández et al., 2022).
- Motores de Paletas: en estos tipos de motores el par se desarrolla debido a la presión, actuando sobre las superficies expuestas de las paletas rectangulares que entran y salen de una serie de ranuras practicadas en un rotor, acoplado al eje de accionamiento (Hernández et al., 2022).
- Motores de paletas de alto rendimiento: es un diseño posterior del motor de paletas equilibrado hidráulicamente, este tipo de motor genera un par igual que un motor tipo "cuadrado" pero con modificaciones en cuanto a su estructura. En este diseño las paletas se mantienen contra el anillo mediante muelles de forma cilíndrica, y el cartucho que forma el anillo, el rotor, las paletas y las placas laterales pueden desmontarse y ser sustituida como una unidad completa (Aedo, 2019).
- Motores MHT de par elevado: es aplicable en transportadores pesados, en mesas giratorias, unidades de volqueo, cabrestantes y otras aplicaciones en las que su elevada capacidad de par puede ser ventajosa (Aedo, 2019).
- Motores de pistones en línea: estos motores generan un par, por medio de la presión que se ejerce sobre los extremos de los

pistones que se mueven alternativamente en el barrilete (Aedo, 2019).

- Motores de pistones en ángulo: desarrollan un par producto de la reacción a la presión sobre los extremos de pistones alternativos, sin embargo, el diseño del bloque de cilindros y el eje de accionamiento están montados formando un ángulo entre sí y la reacción se ejerce contra la brida del eje de accionamiento (Aedo, 2019).
- Motores oscilantes: estos son actuadores de rotación parcial y no son capaces de girar de forma continua en la misma dirección, generalmente, su giro se limita a algo menos de una revolución, este tipo de motor son del tipo de paleta simple y doble o de cremallera y son capaces de desarrollar pares muy elevados (Aedo, 2019).

2.10.1 Bombas y motores de engranajes externos

Una bomba de engranajes externos según la UTP (2019), se conforma por dos engranajes de dientes que generalmente tienen forma recta; uno conductor y otro conducido, estos engranajes se encuentran protegidos por una carcasa, en estos motores el engranaje conductor es el que recibe la potencia entregada por el motor impulsando el engranaje conducido, el fluido es empujado hacia el interior de la bomba producto del vacío que se genera cuando los dientes se desacoplan durante la rotación; de esta forma.

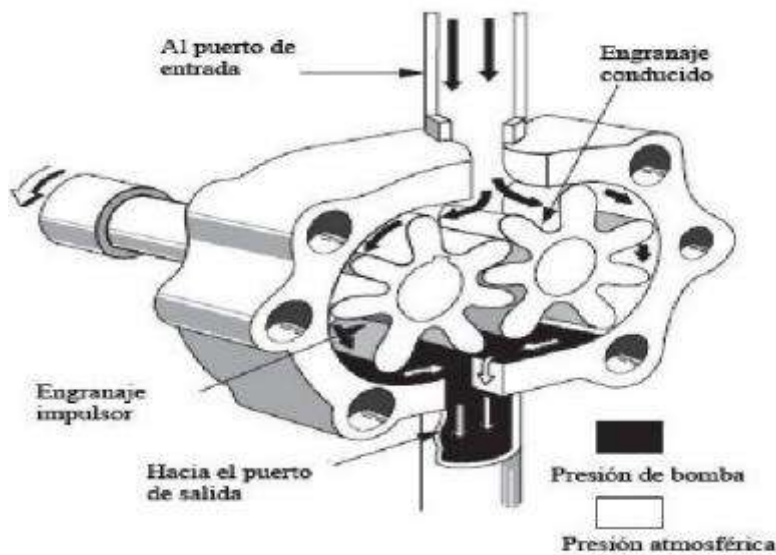
De esta manera la UTP (2019) define la cámara de bombeo como:

“El volumen existente entre las crestas de dos dientes consecutivos y las paredes interiores de la carcasa. La cámara se desplaza por la periferia interior de la carcasa a medida que ocurre la rotación y, finalmente, el fluido se impulsa hacia el

exterior de la bomba cuando los dientes se acoplan entre sí”
(p.2).

Figura 34

*Vista seccionada de una bomba
de engranajes externos de dientes
rectos*



Fuente: (Universidad Tecnológica de Pereira, UTP, 2019)

El proceso de bombeo en una bomba de engranajes puede sintetizarse en tres fases completamente identificables, y como indica la UTP (2019) estas son:

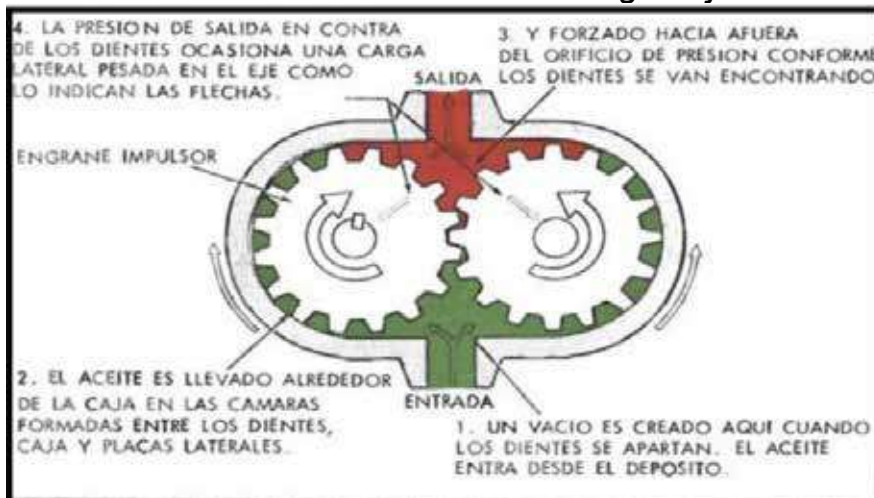
1. Open to inlet / Abierto a la succión (OTI): en esta primera fase, la cámara se encuentra abierta solo cuando sea el proceso de la succión de la bomba, en este período ocurre el llenado de la cámara de bombeo y para garantizar que la cámara se defina lentamente para evitar pulsaciones en el bombeo (UTP, 2019).

2. Closed to inlet and outlet / Cerrado a la succión y a la descarga (CTIO): durante esta fase, la cámara de bombeo se define y realiza el recorrido por dentro de la bomba hacia la descarga (UTP, 2019).

3. Open to outlet / Abierto a la descarga (OTO): en esta fase, el fluido se precipita hacia el exterior de la bomba mediante la conexión en su descarga. El impulso que se comunica al fluido se genera por el acople de los dientes de los engranajes. De manera similar a la OTI, este cambio de volumen se debe realizar lentamente para evitar pulsaciones en el bombeo (UTP, 2019).

Figura 35

Fases de bombeo en una bomba de engranajes externos



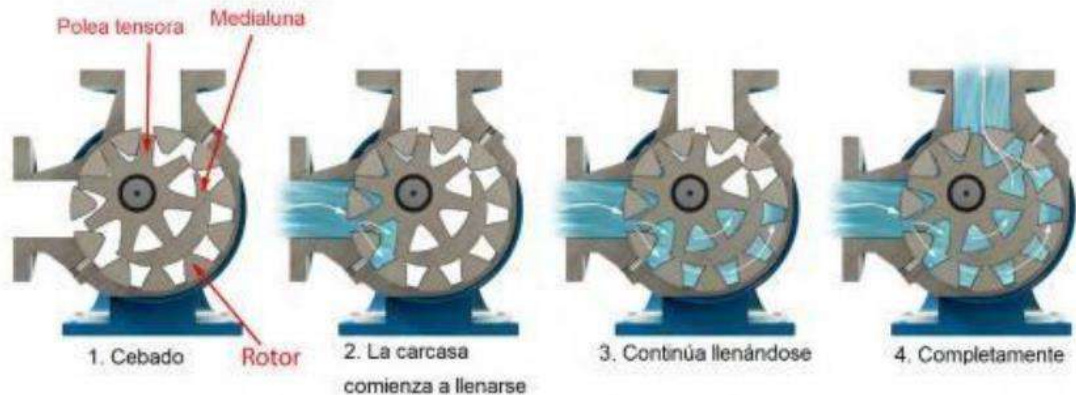
Fuente: (Universidad Tecnológica de Pereira, UTP, 2019)

2.10.2 Bombas y motores de engranajes internos

Las bombas de engranajes son usadas en la industria para el bombeo de fluidos con alta viscosidad y para mantener un flujo constante según la revolución de sus engranajes, estas pueden ser de engranajes internos y externos. Estas basan su funcionamiento desde un comienzo con un eje que hace girar una corona dentada (rotor) con dientes internos la cual lleva la fuerza motriz, que a su vez hace girar el engranaje externo (polea tensora). La polea tensora gira sobre un buje y engrana sus dientes externos con los dientes internos del rotor, de esta manera el fluido adquiere energía por medio de una diferencia de volúmenes (Barrera y Llanos, 2021).

En la siguiente figura se detalla lo anteriormente descrito

Figura 36
Bomba de engranajes internos



Fuente: (Barrera y Llanos, 2021).

2.10.3 Bombas y motores de paletas

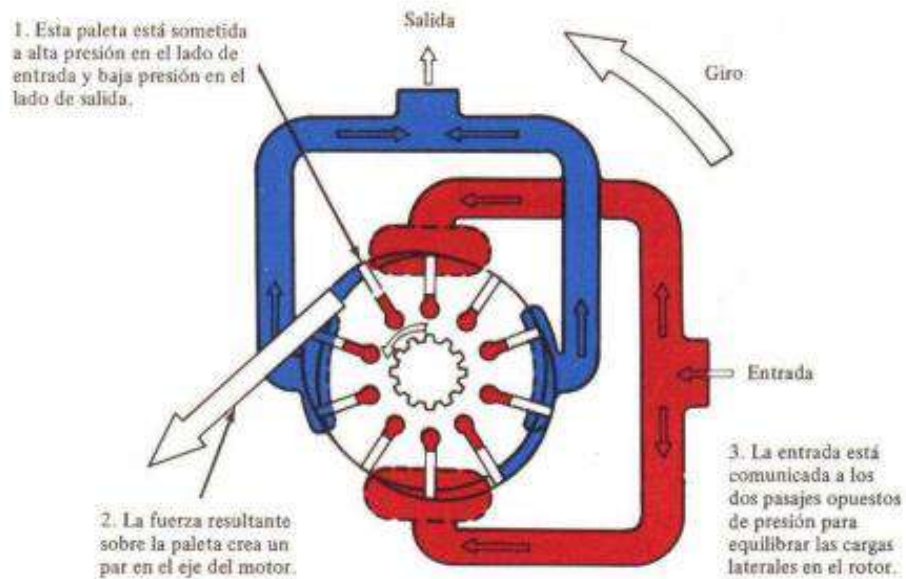
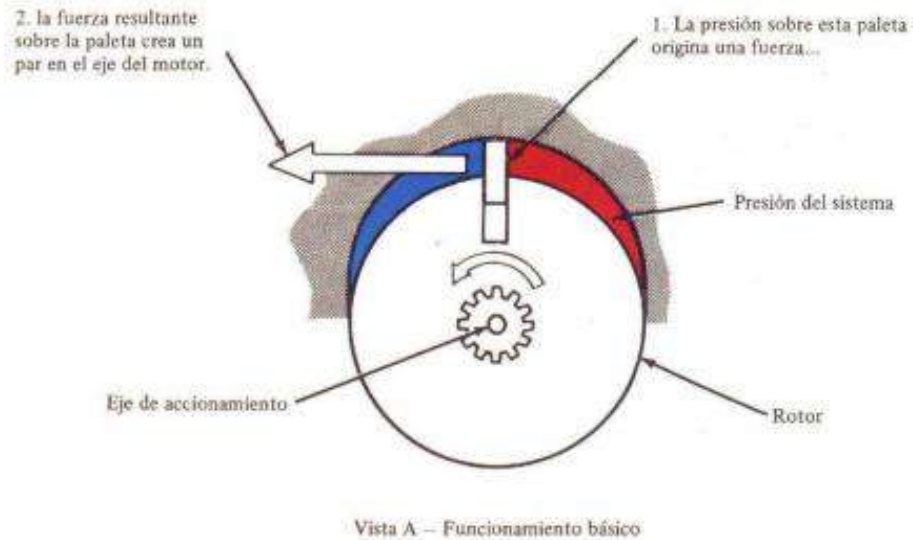
Según lo describe Pérez y Navarro (2020) las bombas de paletas forman parte del grupo de bombas más sencillas, y se utilizan de manera frecuente los sistemas hidráulicos, asimismo son seguras en su explotación, no son tan pesada, son de alto rendimiento y garantizan un suministro más uniforme del líquido en comparación con las bombas de engranajes de dientes rectos. Las bombas de paletas pueden trabajar con presiones de 10 MPa a 20 MPa y velocidades de rotación entre 500 y 3000 rpm.

En cuanto a la eficiencia de esta bomba oscila entre 0,80s y 0,85s, y dependiendo del número de ciclos por revolución del árbol, se pueden diferenciar las bombas de paletas de simple acción y de acción múltiple, las primeras son tanto regulables como no regulables, y las segundas denominadas bombas de acción múltiple son de caudal constante, dentro de las ventajas existente se menciona que las bombas de acción múltiple poseen equilibrio de las fuerzas radiales gracias a la presión sobre el rotor, esto permite que puedan ser utilizadas para el trabajo a

presiones más elevadas que las bombas de simple acción (Pérez y Navarro, 2020).

Figura 37

Funcionamiento de un motor de paletas equilibrado hidráulicamente



Fuente: (Aedo, 2019)

2.10.4 Bombas y motores de pistones radiales

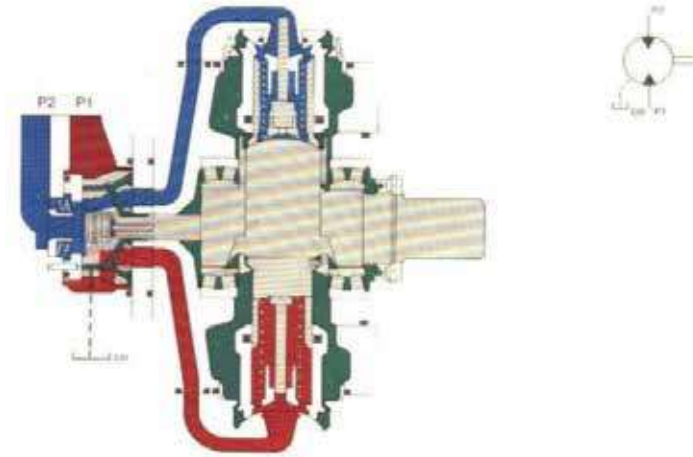
Son motores de par elevado y de baja velocidad, en su diseño se observa que posee cinco cilindros telescópicos de autoalineación encargados de transmitir la potencia por medio de una excéntrica formada en el eje, donde existe un límite hacia los bordes de las camisas internas y externas entre los cilindros y las superficies esféricas de la carcasa del motor y de la excéntrica (Aedo, 2019).

De esta manera Aedo (2019) explica que:

Inicialmente, las dos camisas de un cilindro mantienen el contacto por medio de un muelle incorporado, mientras que su extensión y posición de articulación depende de la posición angular momentánea de la excéntrica del eje. Los ejes geométricos de todos los cilindros pasan por el centro de la excéntrica, por lo que originan momentos de giro alrededor del eje de rotación. La bomba envía una cierta cantidad de fluido al interior de los cilindros del lado derecho y, descargándose desde los del lado izquierdo una cantidad similar, el eje gira en sentido izquierdo, como puede verse en la figura. Tal como aparece aquí, el cilindro que está en la parte superior se halla momentáneamente estacionario con extensión mínima, porque la excéntrica está en el punto muerto superior. Invertiendo el sentido de envío y descarga de fluido a los grupos opuestos de cilindros se invierte la dirección de rotación del eje. Para un sentido de rotación dado, es preciso que el fluido sea enviado a cilindros sucesivos en esa dirección a la vez que se permite que se descarguen sucesivamente los cilindros opuestos (Aedo, 2019)

Figura 38

Bombas y motores de pistones radiales



Fuente: (Aedo, 2019)

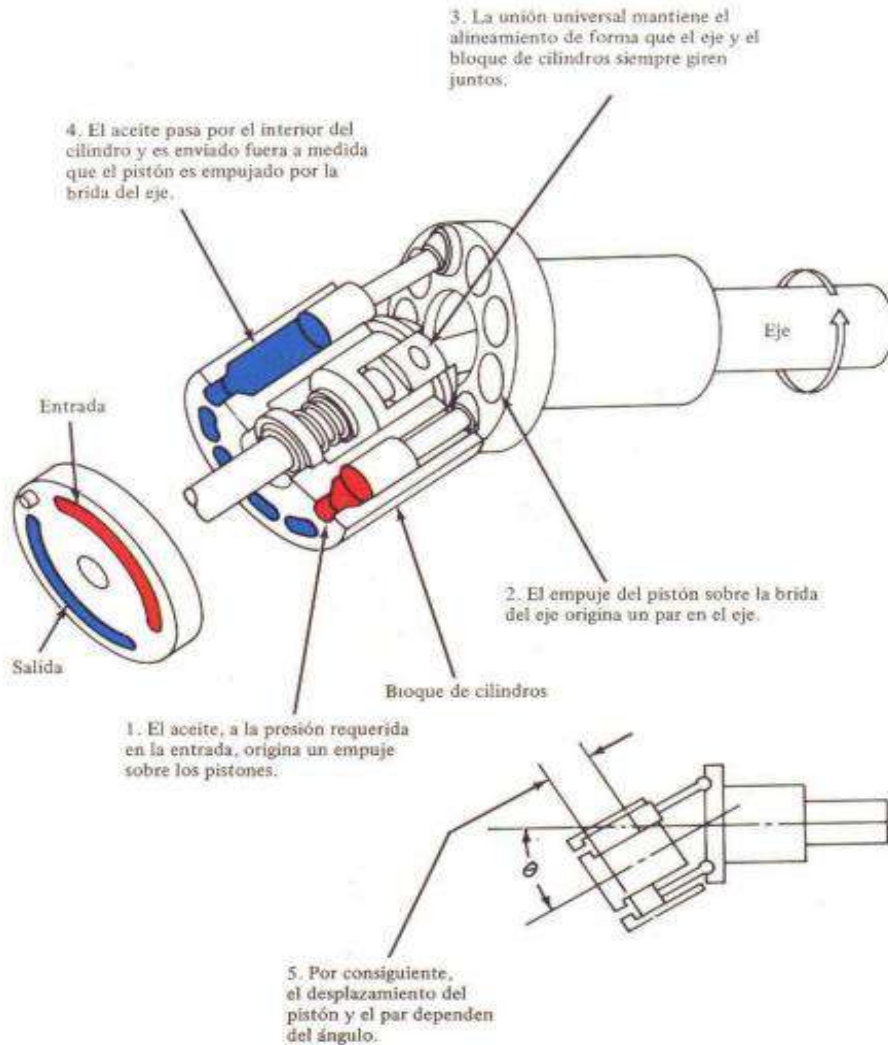
2.10.5 Bombas y motores de pistón axial y eje inclinado

Según menciona Aedo (2019) los motores de pistones en ángulo desarrollan un par mediante la reacción a la presión sobre los extremos de pistones alternativos, sin embargo en este tipo de diseño de bombas se aprecia que el bloque de cilindros y el eje de accionamiento están montados y forman un ángulo entre sí y la reacción se ejerce contra la brida del eje de accionamiento. La velocidad y el par varían en función del ángulo, desde un valor mínimo predeterminado de las r.p.m., con un desplazamiento y un par máximos a un ángulo de aproximadamente 30° , hasta unas r.p.m. máximas, con un desplazamiento y un par mínimo a aproximadamente 7.5° .

Por otra parte Aedo (2019) menciona que existen modelos de desplazamiento fijo y variable, las de desplazamiento variable poseen un determinado número de controles, que incluyen a un compensador hidráulico, el eje en cuanto al sentido de rotación puede invertirse lo que hace que también se invierta la dirección del caudal enviado al motor, esta situación no resulta conveniente ya que esto provoca que el par

tendería a cero y su velocidad aumentaría infinitamente (si no se bloquea el motor antes de llegar a la posición central).

Figura 39
Bombas y motores de pistón axial y eje inclinado



Fuente: (Aedo, 2019)

2.10.6 Bombas y motores de plato cíclico de pistones axiales

Según Pérez y Navarro (2020) Las bombas y motores de plato cíclico de pistones axiales son un tipo de bomba o motor hidráulico que utiliza pistones dispuestos en un plato cíclico para generar la fuerza hidráulica.

- **Bombas:** Los pistones del plato cíclico se extienden y retraen en una cámara de bombeo. La rotación del plato cíclico hace que los pistones pasen por las diferentes fases del ciclo de bombeo (admisión, compresión, descarga y escape).
- **Motores:** El aceite a presión ingresa a la cámara de bombeo y empuja los pistones, lo que hace girar el plato cíclico. La rotación del plato cíclico hace que los pistones pasen por las diferentes fases del ciclo de bombeo (admisión, compresión, descarga y escape) (Pérez y Navarro, 2020)

Estas bombas y motores constan de las siguientes partes o componentes:

- **Plato cíclico:** Es un disco que gira sobre un eje y que tiene ranuras para alojar los pistones.
- **Pistones:** Son cilindros que se deslizan dentro de las ranuras del plato cíclico.
- **Cámara de bombeo:** Es la cavidad donde se produce la acción de bombeo o de motor.
- **Válvula de distribución:** Es una válvula que controla el flujo de aceite hacia y desde la cámara de bombeo.

2.11 Criterios de selección de bombas y motores

Según Cortés y Nieves (2019) menciona que existen cinco pasos escoger una bomba, sin importar su tamaño, o si es centrífuga, reciprocante o rotatoria, y estos pasos son: el diagrama de la disposición de la bomba y tubería, es necesario determinar la capacidad, evaluar su carga dinámica total y las condiciones del líquido y finalmente la elección de la clase y el tipo.

Por conveniencia estos cinco pasos se resumen en tamaño, clase y compra.

Por otro lado, Chuquín et al. (2020) afirman que para la correcta elección de una bomba se debe tener en cuenta que al realizar una preselección es necesario verificar la gráfica respectiva, lo que permite observar una presentación compuesta de varias curvas características del impulsor, así como también es necesario verificar los datos de capacidad y altura, la eficiencia, potencia y altura neta de succión positiva requerida.

En este sentido, Chuquín et al. (2020) menciona que, las bombas más ideales existentes son las siguientes:

- RNI Electrobombas Centrifugas Horizontales NORMA DIN 24255.
- GNI Electrobombas Centrífugas NORMA DIN 24255.
- Bombas adecuadas para elevación y trasiego de líquidos en: Minas, industrias, riego, construcción, instalaciones de calefacción y aire acondicionado, municipios, equipos contra incendios, etc.

Por otra parte, Chuquín et al. (2020) expresa que para seleccionar una bomba centrífuga, se debe seguir el siguiente procedimiento:

Calcular la Curva resistente de la Instalación que está en función de un desnivel geométrico y de las pérdidas por longitud de tubería y accesorios. Considerar el fluido a trasegar: temperatura, la viscosidad cinemática, el peso específico etc; Reemplazar el caudal de funcionamiento para poder obtener la altura de Bombeo, es decir el punto de funcionamiento; O a su

vez se puede tener directamente el punto de funcionamiento. Caudal (Q) y altura de bombeo (HB) datos proporcionados por

la instalación; Realizar la preselección de la bomba en función del punto de funcionamiento; Verificar la gráfica de la preselección, trazar nuevamente el punto de funcionamiento y seleccionar el rodete adecuado para nuestra instalación; Identificar el rendimiento con el cual trabajará nuestra bomba, así como la potencia y el NPSH requerido para que no se produzca el fenómeno de cavitación (p. 179).

CAPÍTULO 3

Descripción general
de las válvulas hidráulicas

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS APLICADOS A MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

Las válvulas hidráulicas son componentes esenciales en los sistemas hidráulicos, actuando como los interruptores y controladores del flujo de fluido. Permiten dirigir, controlar y regular la presión, el caudal y la dirección del fluido hidráulico en una amplia gama de aplicaciones, desde maquinaria industrial hasta vehículos y sistemas de generación de energía. Teniendo en cuenta lo anterior, se explorará el mundo de las válvulas hidráulicas, abarcando su clasificación, principios de funcionamiento, características clave, tipos comunes y aplicaciones, todo ello con la finalidad de obtener el conocimiento necesario para diferenciar el tipo de válvulas y sus aplicaciones.

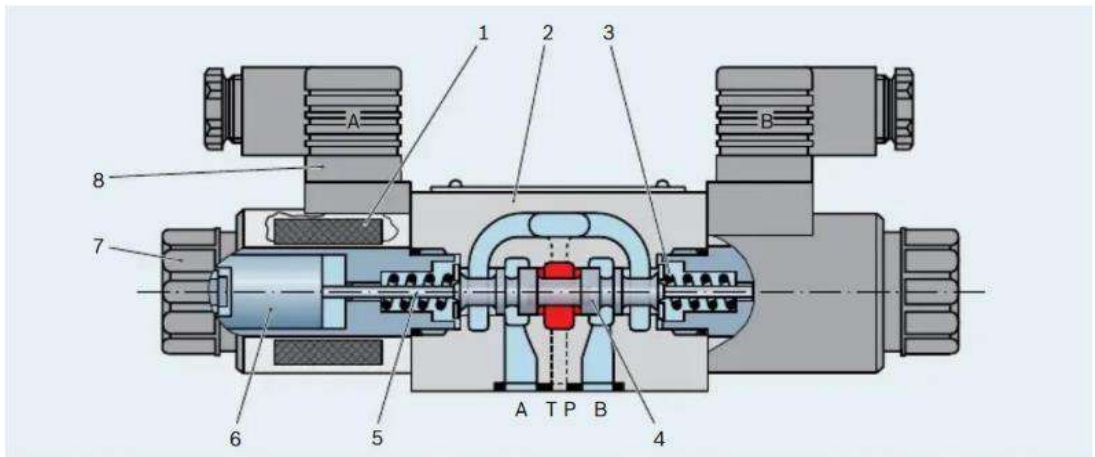
3.1 Clasificación de Válvulas Hidráulicas

3.1.1 Clasificación de Válvulas Hidráulicas Basada en la Misión de Control

Estas válvulas son componentes que se encargan de controlar el arranque, la parada, la cantidad y la dirección del flujo del fluido hidráulico, son utilizadas para conexiones de tuberías, abrir, cerrar o cambiar diferentes rutas de flujo. Asimismo, se clasifican en, válvula de corredera y de asiento.

Figura 40

Válvulas Hidráulicas Basada en la Misión de Control



1 Bobina del solenoide

2 Carcasa de la válvula

3 Resorte de retroceso

4 Pistón de mando

5 Empujador de accionamiento

6 Inducido

7 Tuerca

8 Conexión eléctrica

A, B Conexión de trabajo

P Conexión de presión

T Conexión al tanque

Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023)

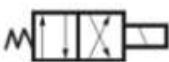
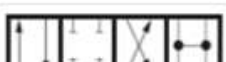
3.1.2 Clasificación de Válvulas Hidráulicas Basada en el Elemento de Control

Las válvulas de control direccional dividen la dirección del flujo, esto significa que utilizan para iniciar, detener y controlar el movimiento de fluidos, el mecanismo de funcionamiento y este depende del tipo de válvula, de esta manera y según el método de operación del elemento hidráulico, las válvulas de control direccional se clasifican como disco, medio o corredera, asimismo se menciona que las válvulas de impacto se caracterizan por su funcionamiento hidráulico; la válvula rotativa tipo carrete se opera manualmente mediante una palanca o pistón; mecánicamente por un disparo o eléctricamente por un solenoide mientras que el tipo de corredera se puede controlar de forma manual,

mecánica, eléctrica, hidráulica o una combinación (Chicaiza y Villarroel, 2023).

A pesar de lo anteriormente descrito, este tipo de válvulas también puede clasificarse según la siguiente tabla:

Tabla 8
Clasificación de válvulas por número de conexiones y número de posiciones

Clasificación		Simbología ISO	Característica
Número de conexiones o puertos	Dos puertos		Tiene dos puertos, abierto y cerrado
	Tres puertos		Tiene tres puertos, uno es la entrada de la bomba y dos de salida
	Cuatro puertos		Posee cuatro puertos de gran utilidad, mueve el actuador hacia adelante o hacia atrás o detener
	Multi puertos		Esta válvula tiene cinco o más puertos para propósitos especiales.
Numero de posiciones	Dos posiciones		Tiene dos posiciones
	Tres posiciones		Tiene tres posiciones
	Multi posiciones		Tiene cuatro o más posiciones

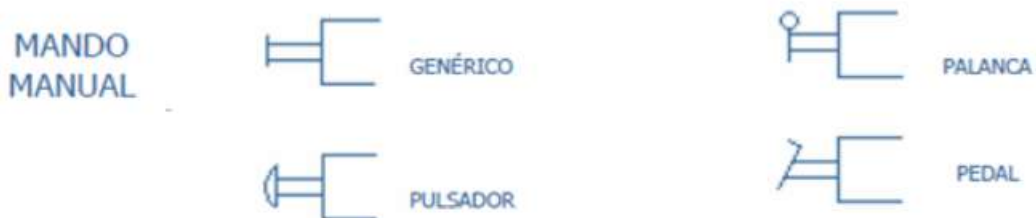
Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023).

3.1.3 Clasificación de Válvulas Hidráulicas Basada en la Actuación de la Válvula

Las válvulas poseen diversos tipos de accionamientos entre los cuales se mencionan el accionamiento manual, el mecánico, neumático y el accionamiento eléctrico.

Accionamiento manual: esta basa su funcionamiento a través de pulsadores, de palancas o pedales.

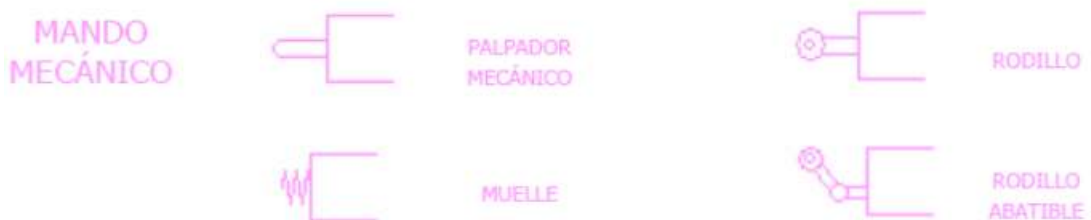
Figura 41
Accionamiento manual



Fuente: (Avelar et al., 2020)

Accionamiento mecánico: basado en el funcionamiento de una leva y se menciona que este tipo de funcionamiento puede ser de dos formas normal o escamoteable. (Avelar et al., 2020)

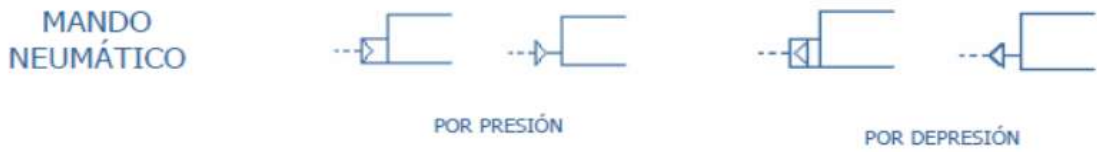
Figura 42
Accionamiento mecánico



Fuente: (Avelar et al., 2020)

Accionamiento neumático: aplica el aire comprimido, el cual es suministrado por un compresor (Avelar et al., 2020)

Figura 43
Accionamiento mecánico



Fuente: (Avelar et al., 2020).

Accionamiento eléctrico: se ejecuta a través de una corriente eléctrica que se distribuye a través de una bobina que posee un núcleo de hierro que se desplaza en el interior (Avelar et al., 2020).

Figura 44
Accionamiento eléctrico



Fuente: (Avelar et al., 2020).

3.1.4 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en la operación de la válvula

Estas válvulas están creadas para bloquear o condicionar el paso del aire en uno u otro sentido, a continuación, se detalla la clasificación de este tipo de válvulas.

- Válvula anti retorno. El funcionamiento es simple, permite el paso del aire comprimido en una sola dirección, esto se debe a que este tipo de válvula funciona de manera que la parte interior tiene un obturador y cuando el aire pasa se comprime en un sentido que avienta el obturador hacia un lado y permite el paso del aire y cuando este se cancela el obturador vuelve a su estado normal mediante un resorte (Avelar et al., 2020).

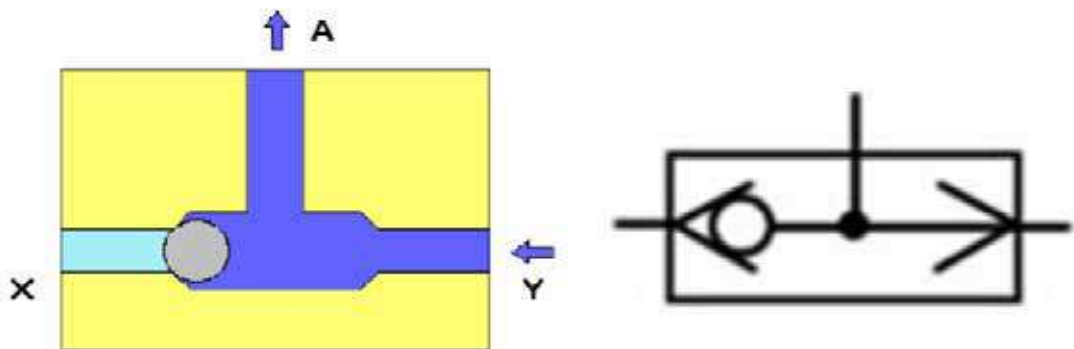
Figura 45
Válvula anti retorno



Fuente: (Avelar et al., 2020).

- Válvula selectora de circuito (Válvula “o”; función lógica “OR”): posee dos entradas de presión de aire “X” y “Y” y un conducto de salida “A” cada entrada en su interior está conectada a un circuito diferente dentro de la válvula, por esta razón se le conoce como válvulas selectivas, y son utilizadas cuando se requiere accionar un equipo desde más de un sitio de mando. Su funcionamiento es fácilmente comprensible, si entra aire por una entrada, la bola se desplazará obturando la otra entrada y dejando salir el fluido por la salida (Avelar et al., 2020).

Figura 46
Válvula selectora de circuito

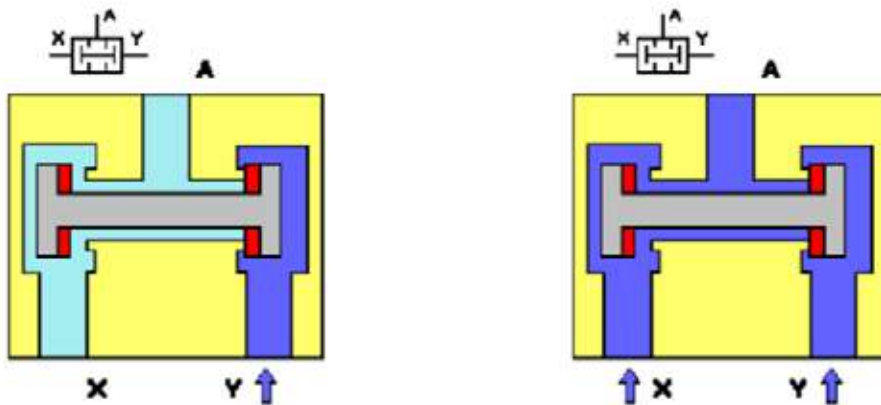


Fuente: (Avelar et al., 2020).

- Válvula de simultaneidad (Válvula “Y”; función lógica “and”): posee un aspecto muy parecido a la selectora de circuitos o modulo “O”, ya que posee dos entradas “X”, “Y” y una salida “A” pero con la diferencia de la anterior esta funciona con dos

entradas simultáneas en “X”, “Y” al presionarse dichas entradas el mecanismo (pieza móvil) interior de la válvula se accionará permitiendo el paso de flujo de aire y saliente por el orificio de salida (Avelar et al., 2020).

Figura 47
Válvula de simultaneidad



Fuente: (Avelar et al., 2020).

3.1.5 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en la fuente de presión de control de la válvula.

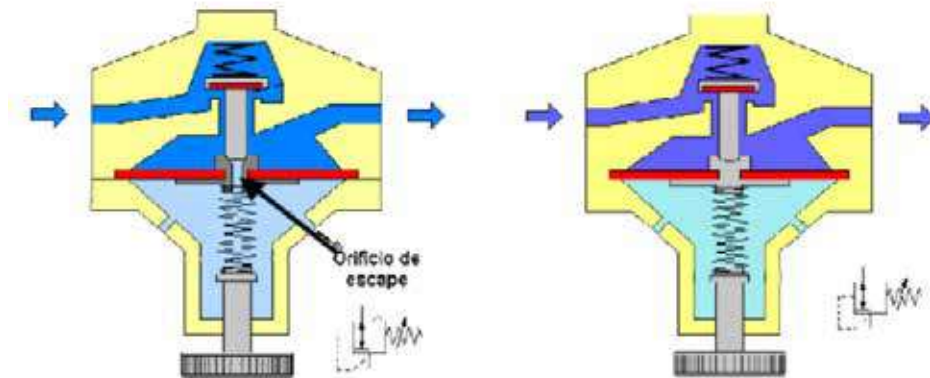
Funcionan principalmente por la presión ejercida sobre ella, y entre las más comunes son:

- Válvulas reguladoras de presión
- Válvulas limitadoras de presión
- Válvulas de secuencia

Válvulas de regulación de presión: estas mantienen constante la presión en la salida de esta, la cual es autónoma de la presión que exista en la entrada (Avelar et al., 2020).

Figura 48

Válvula reguladora de presión



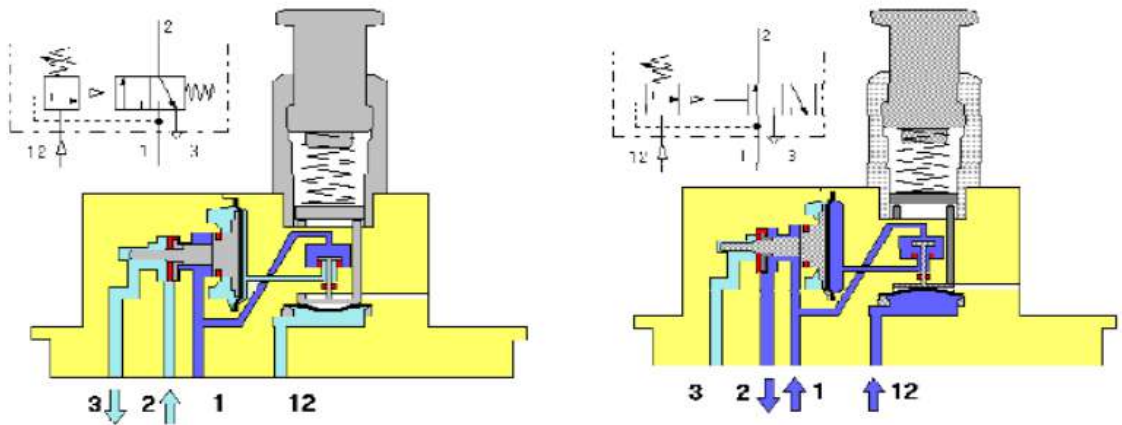
Fuente: (Avelar et al., 2020)

Válvula limitadora de presión: Avelar et al. (2020) expresa que estas válvulas se abren y dejan pasar el aire en el momento en que se alcanza una presión de consigna, están dispuestas en en paralelo y son utilizadas en su mayoría como válvulas de seguridad, no permiten que la presión en el sistema supere el límite máximo aceptable, cuando llega a una presión determinada permite que el aire salga a la atmosfera gracias a que la válvula se abre..

Esta válvula se mantiene abierta hasta que el muelle, logre nuevamente estabilizar su presión y se cierra, algunas válvulas cuentan con un enclavamiento que necesita de una acción externa para que cierre.

Válvula de secuencia: esta funciona muy parecido a la válvula limitadora de presión, se diferencian que el aire no sale a la atmósfera sino que deja pasar el aire para realizar una determinada acción, “el aire no circula de P (1) hacia la salida A (2), mientras que en el conducto de mando Z no se alcanza una presión de consigna. Un émbolo de mando abre el paso de P hacia A” (Avelar et al., 2020).

Figura 49
Válvula limitadora de presión



Fuente: (Avelar et al., 2020)

3.1.6 Clasificación de válvulas hidráulicas basada en el nivel de control de la válvula.

Permiten un control preciso del flujo de fluido mediante un actuador que modula la posición de la válvula.

- Tipos:
 - Válvulas de globo: Ofrecen un control preciso del flujo en un rango amplio.
 - Válvulas de aguja: Son ideales para aplicaciones de flujo bajo y alta precisión.
 - Válvulas de asiento inclinado: Ofrecen un buen control del flujo con baja caída de presión.

3.1.7 Clasificación de válvulas hidráulicas basada sobre el método de montaje de la válvula

1. Válvulas de montaje en línea:

Características: Se instalan directamente en la tubería hidráulica.

- Ventajas:
 - Fáciles de instalar y mantener.
 - Compactas y de bajo costo.
- Desventajas:
 - No son tan versátiles como otros tipos de válvulas.
 - Pueden ser sensibles a las vibraciones.

2. Válvulas de montaje en panel:

Características: Se instalan en un panel o placa de montaje.

- Ventajas:
 - Ofrecen mayor flexibilidad de diseño.
 - Son más resistentes a las vibraciones.
- Desventajas:
 - Son más costosas que las de montaje en línea.
 - Requieren de un panel o placa de montaje.

3. Válvulas de montaje en bloque:

Características: Se integran en un bloque manifold con otras válvulas.

- Ventajas:
 - Ahorran espacio y tiempo de instalación.
 - Reducen el número de fugas potenciales.

- Desventajas:

- Son más costosas que las válvulas individuales.
- Pueden ser más difíciles de reparar.

4. Válvulas de montaje subplaca:

Características: Se instalan en una sub placa que se monta en la tubería hidráulica.

- Ventajas:

- Permiten un fácil acceso para el mantenimiento.
- Ofrecen mayor flexibilidad de diseño.

- Desventajas:

- Son más costosas que las de montaje en línea.
- Requieren de una subplaca adicional.

5. Válvulas de cartucho:

Características: Se instalan en un orificio roscado en un bloque manifold.

- Ventajas:

- Son compactas y de bajo costo.
- Ofrecen un alto rendimiento.

- Desventajas:

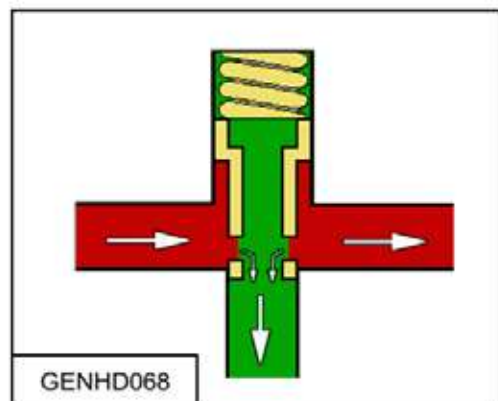
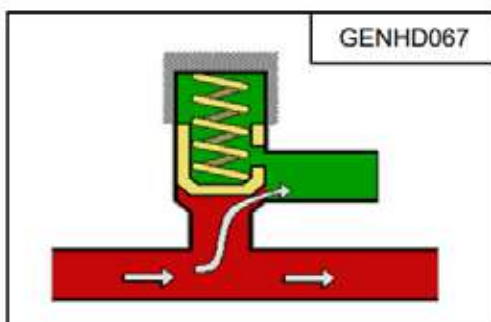
- Requieren de un bloque manifold compatible.
- Pueden ser más difíciles de reparar.

3.2 Válvulas de control de presión

3.2.1 Válvula de alivio de presión

- Válvulas de Alivio de Presión: son utilizadas para limitar la presión máxima del sistema o del circuito y proteger los componentes del exceso de presión (Castillo, 2019). Si esta presión supera un nivel específico, la válvula de alivio se abre de manera que el aceite se descargue del tanque, y dentro de las válvulas de alivio más comunes se tienen:
 - a.1. Válvula de Alivio Simple: este tipo cuenta con un resorte y un carrete que se ubica sobre el conducto bloqueándolo, y al llegar a la presión máxima la cual es regulada por la válvula, esta hace que el resorte y el carrete se abran para dejar pasar aceite hacia al tanque, este control no es muy preciso y emiten mucho sonido en algunas ocasiones (Castillo, 2019).

Figura 50
Válvula de Alivio Simple

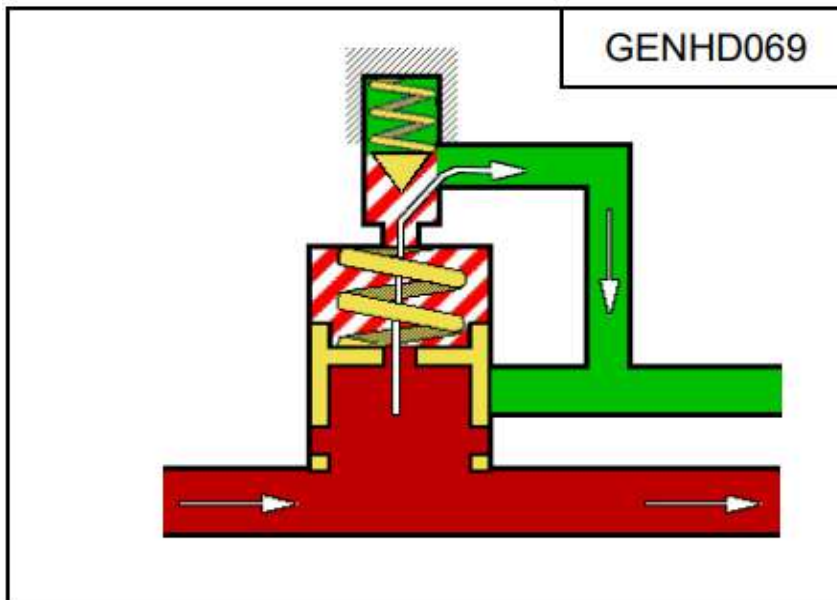


Fuente: (Castillo, 2019)

- a.2. Válvula de alivio accionada por servo-mando (pilotada): Castillo (2019) indica que además de poseer una válvula simple, también posee una válvula adicional o piloto que es más pequeña y tiene un resorte más débil, que permite a la válvula abrir y cerrar cuando surja alguna fluctuación menor en el sistema, esto contribuye a que no emita sonidos y un control más preciso.

Figura 51

Válvula de alivio accionada por servo-mando (pilotada)



Fuente: (Castillo, 2019)

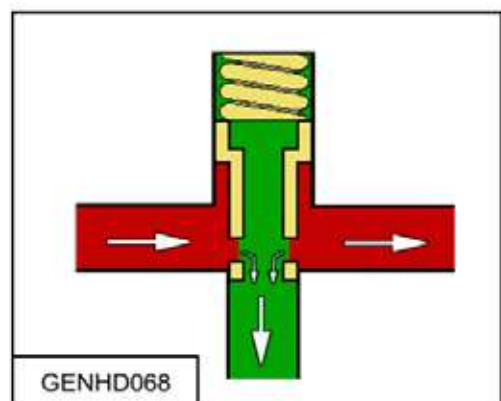
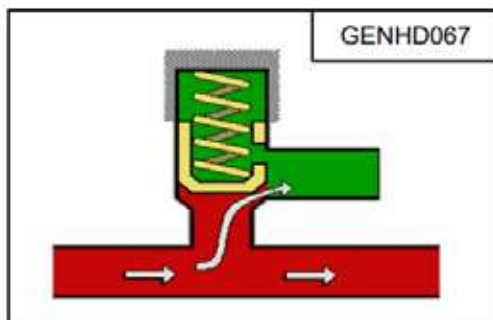
- a.3. Válvula de alivio a Pistón: esta válvula posee un pistón pequeño, que empuja el carrete, para hacer la válvula se pueda abrir (Castillo, 2019).
- a.4. Válvula Moduladora: esta se utiliza ya que permite aumentar de manera gradual la presión hasta un nivel específico. Es utilizado en transmisiones para que los cambios de velocidades se efectúen con suavidad, y la conforma un pistón de carga con su respectivo resorte,

3.2 Válvulas de control de presión

3.2.1 Válvula de alivio de presión

- Válvulas de Alivio de Presión: son utilizadas para limitar la presión máxima del sistema o del circuito y proteger los componentes del exceso de presión (Castillo, 2019). Si esta presión supera un nivel específico, la válvula de alivio se abre de manera que el aceite se descargue del tanque, y dentro de las válvulas de alivio más comunes se tienen:
 - a.1. Válvula de Alivio Simple: este tipo cuenta con un resorte y un carrete que se ubica sobre el conducto bloqueándolo, y al llegar a la presión máxima la cual es regulada por la válvula, esta hace que el resorte y el carrete se abran para dejar pasar aceite hacia al tanque, este control no es muy preciso y emiten mucho sonido en algunas ocasiones (Castillo, 2019).

Figura 50
Válvula de Alivio Simple

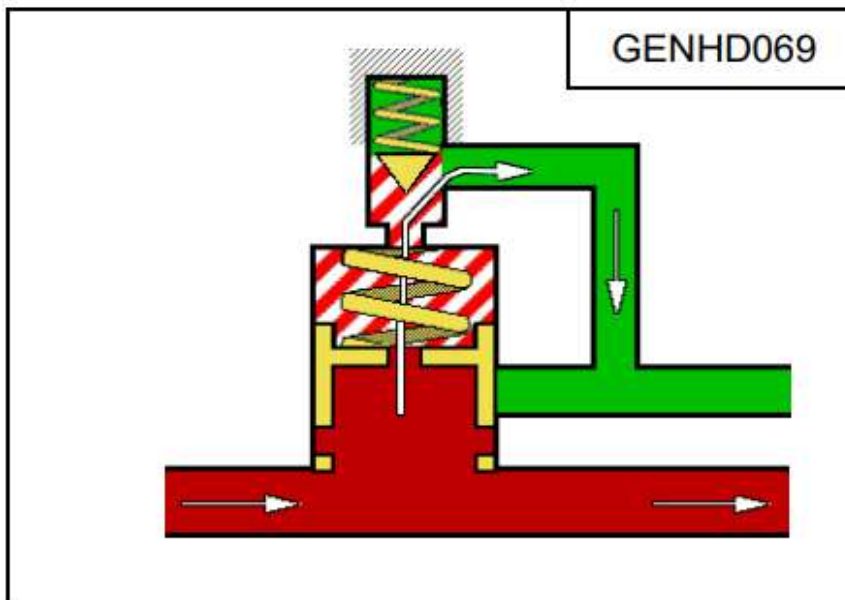


Fuente: (Castillo, 2019)

- a.2. Válvula de alivio accionada por servo-mando (pilotada): Castillo (2019) indica que además de poseer una válvula simple, también posee una válvula adicional o piloto que es más pequeña y tiene un resorte más débil, que permite a la válvula abrir y cerrar cuando surja alguna fluctuación menor en el sistema, esto contribuye a que no emita sonidos y un control más preciso.

Figura 51

Válvula de alivio accionada por servo-mando (pilotada)

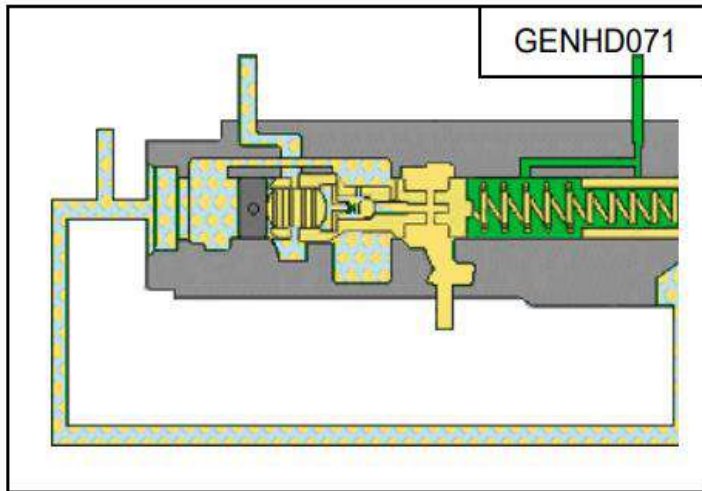


Fuente: (Castillo, 2019)

- a.3. Válvula de alivio a Pistón: esta válvula posee un pistón pequeño, que empuja el carrete, para hacer la válvula se pueda abrir (Castillo, 2019).
- a.4. Válvula Moduladora: esta se utiliza ya que permite aumentar de manera gradual la presión hasta un nivel específico. Es utilizado en transmisiones para que los cambios de velocidades se efectúen con suavidad, y la conforma un pistón de carga con su respectivo resorte,

una válvula moduladora y válvula de retención (Castillo, 2019).

Figura 52
Válvula Moduladora



Fuente: (Castillo, 2019)

3.2.2 Válvula de contrabalanceo

Una válvula de contrabalanceo es una válvula de control direccional que se utiliza para controlar la velocidad de descenso de una carga en un circuito hidráulico. La válvula de contrabalanceo funciona regulando el flujo de aceite que regresa al depósito desde el actuador hidráulico. Al restringir el flujo de retorno, la válvula crea una contrapresión que ayuda a controlar la velocidad de descenso de la carga (Castillo, 2019).

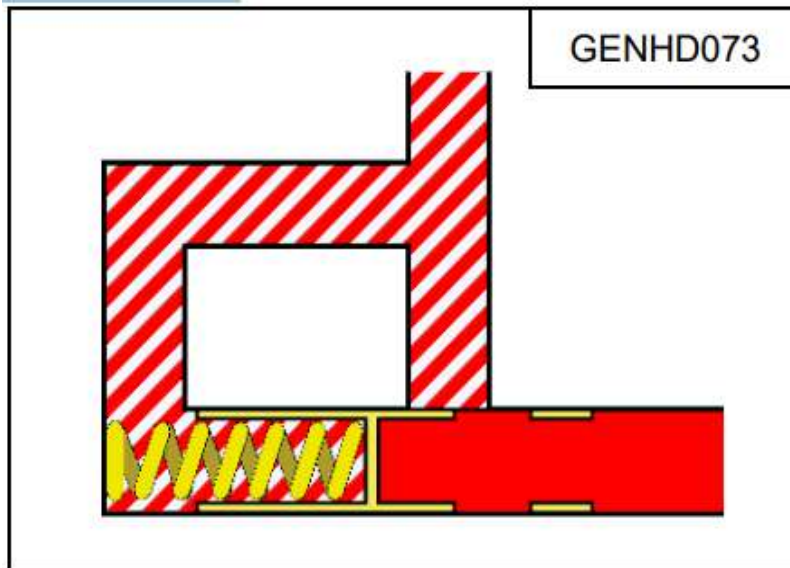
3.2.3 Válvula de secuencia de presión

Permite que se mantenga una diferencia de presión constante entre dos circuitos, se conforma por un carrete y un resorte, donde inicialmente el carrete no permite el paso desde el circuito primario hacia el secundario, al lograr satisfacer los requisitos de flujo hacia el circuito primario, los niveles de presión aumentan, y el carrete se desplaza contra el resorte lo que permite que el flujo se traslade al circuito secundario y a la

cámara del resorte, conforme esto sucede, sube el nivel de presión secundaria y la válvula retrocede, por lo que esta ajustará su posición constantemente de manera que la presión en el circuito secundario sea igual a la del circuito primario (Castillo, 2019).

Figura 53

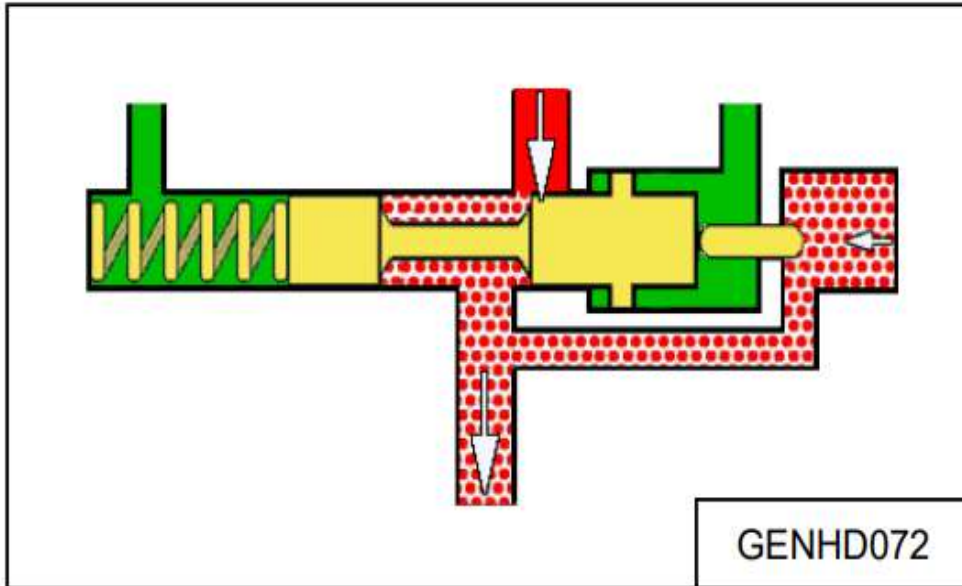
Válvula de secuencia de Presión



Fuente: (Castillo, 2019)

3.2.4 Válvula de reducción de presión

Esta es utilizada cuando la demanda de presión de un circuito es menor a la presión de suministro, la forma un pistón, un resorte y un carrete, donde la fuerza que posee el resorte establece la máxima presión corriente debajo de la válvula, de igual manera, la válvula está generalmente abierta, y a medida que el flujo logra pasar por el carrete, la presión aumenta corriente abajo, y cuando esta aumenta, cuando la presión crece dentro del pistón hace que el carrete y el pistón actúen sobre la válvula de manera que se vaya cerrando hasta que logre un equilibrio (Castillo, 2019).

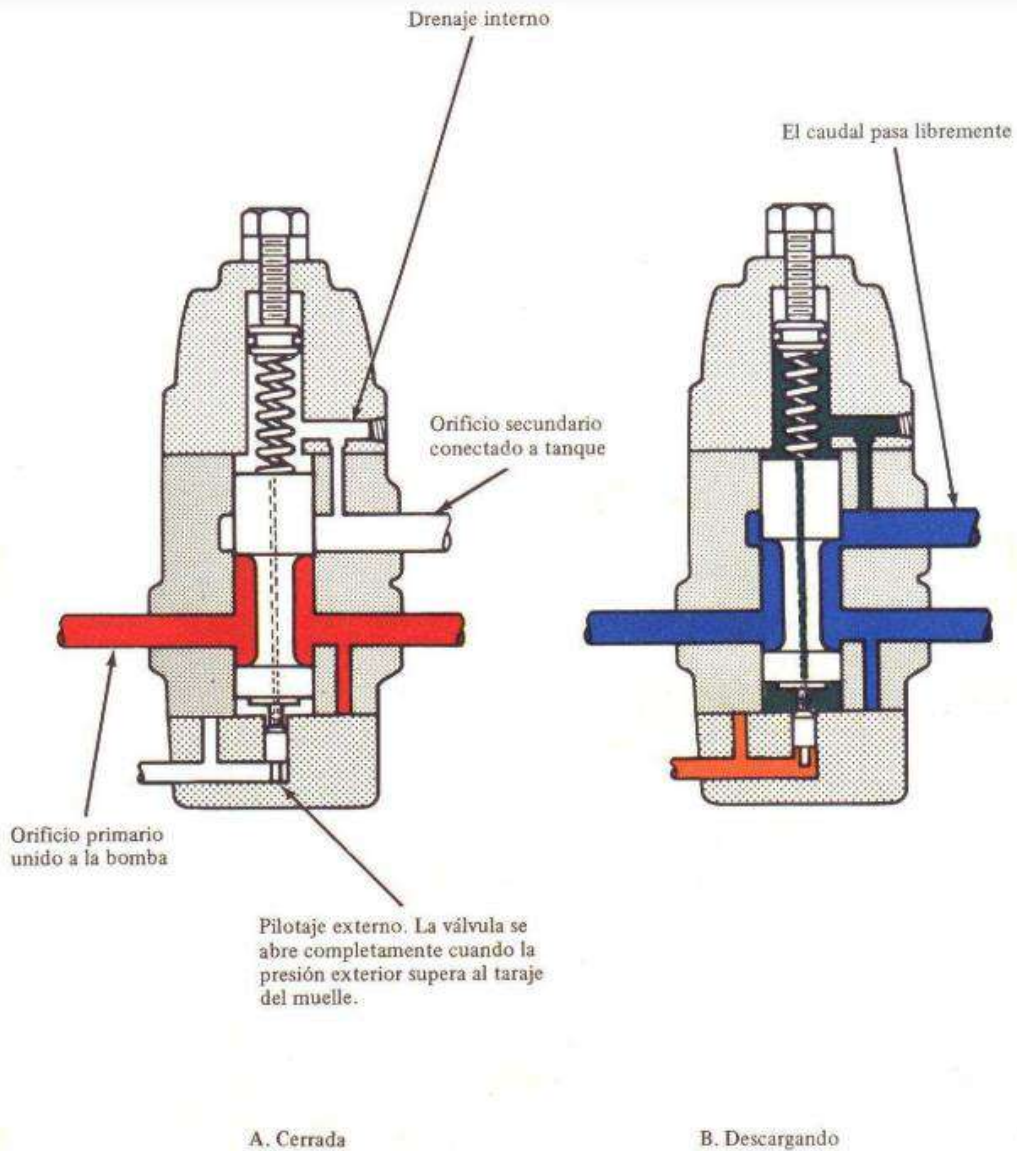
Figura 54*Válvula de Reducción de Presión*

Fuente: (Castillo, 2019)

3.2.5 Válvula de descarga

La presión en el orificio primario es independiente de la fuerza del muelle, esto se debe a que la corredera actúa un pilotaje externo, cuando la presión de pilotaje supere los 10.5 kp/cm² al taraje del muelle el aceite circula libremente desde el orificio primario al secundario (Aedo, 2019). Este tipo de válvula es utilizada para controlar la presión del sistema hidráulico, y se abre cuando la presión del sistema excede el límite establecido, lo que hace que todo el aceite en exceso se dirija hacia el tanque, evitando que la presión del sistema se eleve demasiado y cause daños a los componentes del sistema (Aedo, 2019).

Figura 55
Válvula de Descarga



Fuente: (Aedo, 2019)

3.2.6 Válvula sobre centro

Según Aedo (2019) una válvula sobre centro, también conocida como válvula de 4 vías y 2 posiciones, es un tipo de válvula hidráulica que tiene tres puertos: uno de entrada, uno de salida y uno de tanque. La válvula tiene un carrete que se desplaza en tres posiciones:

- Posición central: En esta posición, la válvula está centrada y los puertos de entrada y salida están bloqueados. El aceite de la bomba se dirige al tanque.
- Posición A: En esta posición, el carrete se desplaza hacia un lado, conectando el puerto de entrada al puerto de salida. El aceite de la bomba fluye hacia el actuador.
- Posición B: En esta posición, el carrete se desplaza hacia el otro lado, conectando el puerto de entrada al tanque. El aceite del actuador fluye hacia el tanque.

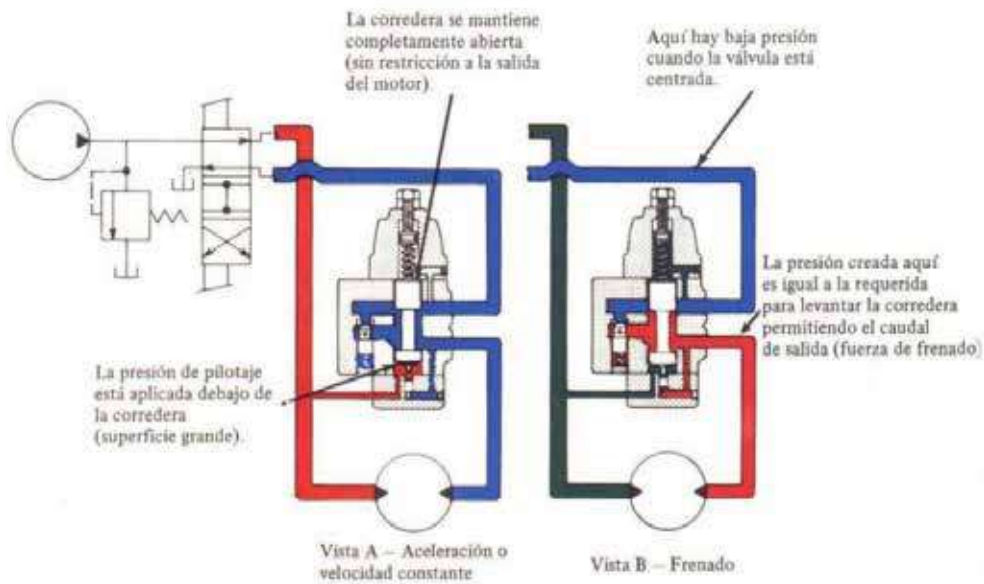
Las válvulas sobre centro se utilizan para controlar el flujo de aceite en un sistema hidráulico. Se pueden utilizar para controlar la dirección del movimiento de un actuador, la velocidad del movimiento de un actuador o la fuerza del movimiento de un actuador.

3.2.7 Válvula de freno del motor

La válvula de frenado se instala en la línea de retorno de un motor hidráulico para evitar un exceso de velocidad cuando se aplica una carga demasiado grande al eje del motor y evitar una presión excesiva cuando se desee desacelerar o parar una carga (Aedo, 2019).

Cuando la válvula está direccional en la posición central, la inercia provoca que el motor girando, y hasta que se detenga seguirá funcionando como una bomba, aspirando aceite del depósito pasando por la válvula direccional, y regresando al mismo por medio de la válvula de frenado, durante este proceso y producto de la válvula de frenado, surgirá una presión hacia la salida del motor hidráulico igual al taraje de la válvula de frenado y su intensidad va a depender del tiempo que tarde en frenar el motor (Aedo, 2019).

Figura 56
Válvula de frenado

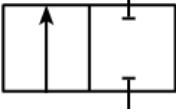
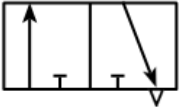
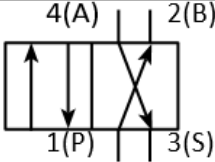
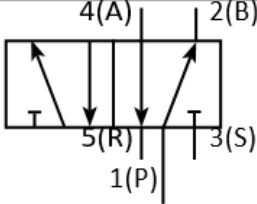
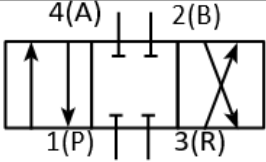


Fuente: (Aedo, 2019)

3.2.8 Símbolos e identificación de válvulas de control de presión

Tabla 9
Símbolos e identificación de válvulas de control de presión

6. Válvulas de control		
6.1. Un cuadro		Una válvula de controlde presión o caudal
6.2. Dos o más cuadros		Una válvula de control direccional con tantas posiciones como cuadros
7. Válvulas de control direccional		
7.1 Un paso		7.1. No se muestra el

		accionamiento y retorno
7.2. Dos pasos		No se muestran el accionamiento y retorno
7.3. Dos vías cerradas.		No se muestran el accionamiento y retorno
7.4. Dos vías y dos posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
7.5. Tres vías y dos posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
7.6. Cuatro vías y dos posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
7.7. Cinco vías y dos posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
7.8. Cuatro vías y tres posiciones		No se muestran el accionamiento y retorno
7.9. Válvula direccional, con dos posiciones extremas y un número infinito de condiciones intermedias		

con diversos grados de estrangulamiento.

Fuente: (Pérez y Navarro, 2020).

3.3 Válvulas de control direccional

3.3.1 Funciones básicas de las válvulas de control direccional

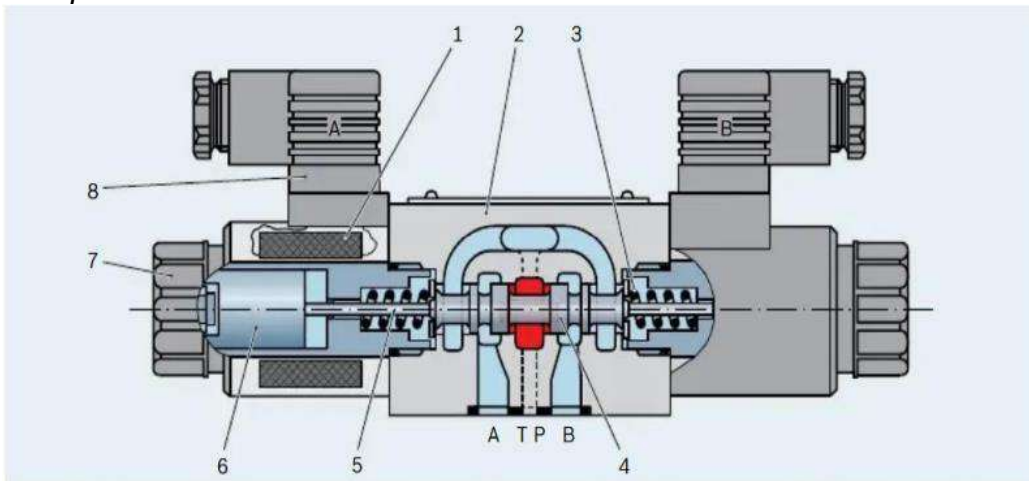
Chicaiza y Villarreol (2023) indican que estas válvulas “son componentes que controlan el arranque, la parada, la cantidad y la dirección del flujo del fluido hidráulico, son utilizadas para crear conexiones de tuberías, abrir, cerrar o cambiar diferentes rutas de flujo” (p. 10).

Pueden clasificarse en válvula corredera y de asiento.

3.3.2 Identificación de válvulas de control direccional de tipo *carrete lineal*

En la siguiente figura se describen las partes de una válvula de corredera lineal.

Figura 57
Componentes de una válvula corredera



Nota: 1) bobina del selenoide; 2) carcasa de la válvula; 3) resorte de retroceso; 4) pistón de mando; 5) empujador de accionamiento; 6) inducido; 7) tuerca; 8) conexión eléctrica A, B Conexión de trabajo, P conexión de presión, T Conexión al tanque.

Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023)

3.3.3 Válvulas direccionales de carrete lineal de operación directa

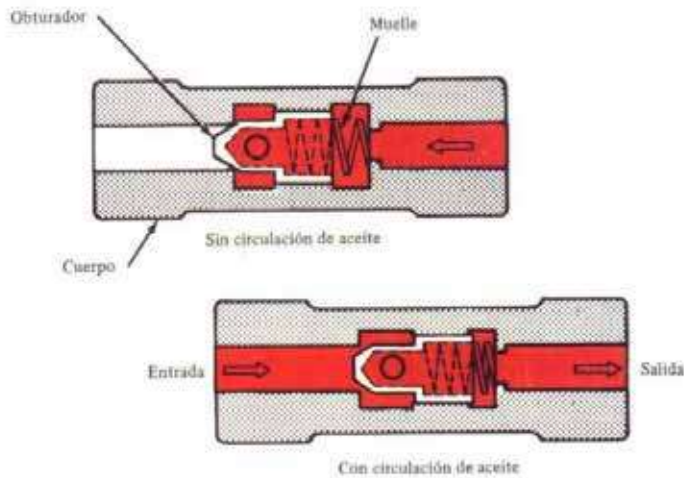
Aedo (2019) menciona que este tipo de valvulas se llaman así porque el fluido corre por medio de ellas en línea recta, el cuerpo de esta válvula se rosca de manera directa a la tubería e interiormente se encuentra mecanizado lo que hace que se forme un asiento para un pistón cónico o una bola, un muelle ligero mantiene el pistón en su asiento logrando que el montaje de la válvula este en cualquier posición

Asimismo Aedo (2019) menciona que:

En la dirección de paso libre, el muelle cede y la válvula se abre a una presión de aproximadamente 0.35 kp/cm^2 . El muelle no es ajustable, pero hay disponible un conjunto de muelles, de tarajes distintos, para casos específicos, tales como crear una presión piloto, montarlos en derivación con los refrigeradores o filtros, en el caso de obstrucción de éstos o como protección contra las puntas de presión. En estos casos, estas válvulas no se utilizan como válvulas antirretorno, sino más bien como válvulas de secuencia o seguridad. Aunque admiten presiones de hasta 210 kp/cm^2 , las válvulas antirretorno en línea no son recomendables para aplicaciones en las que puedan verse sometidas a caudales de retorno a gran velocidad (p. 125).

Figura 58

Válvulas direccionales de carrete lineal de operación directa



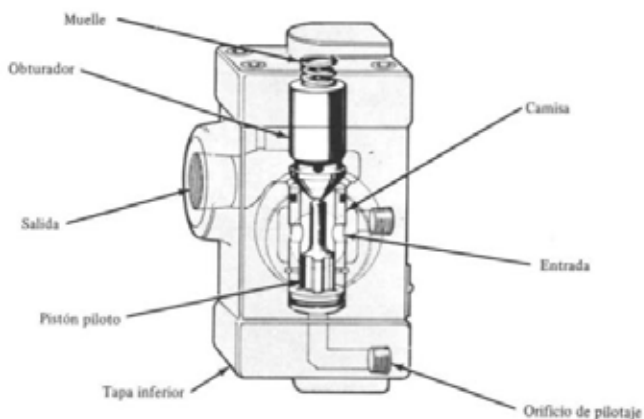
Fuente: (Aedo, 2019)

3.3.4 Válvulas direccionales de carrete lineal operadas por piloto

Se crearon para dejar el paso libre del fluido solo en una dirección y para bloquear el caudal de retorno en la dirección opuesta, esto solo ocurre **hasta** que se active la válvula de modo externo y se pueda abrir. Son utilizadas generalmente en prensas hidráulicas como las válvulas de prellenado que permiten que el cilindro principal se llene por efecto de la gravedad (Aedo, 2019).

Figura 59

Sección de una válvula operada por piloto



Fuente: (Aedo, 2019)

3.3.5 Curvas de rendimiento de válvulas direccionales de carrete lineal

Chuquín et al. (2020) mencionan que las curvas más relevantes a tomar en cuenta son las siguientes:

- Curva de caudal vs. presión diferencial: Esta curva muestra el caudal que pasa por la válvula para diferentes valores de presión diferencial.
- Curva de pérdida de presión vs. caudal: Esta curva muestra la pérdida de presión que se produce en la válvula para diferentes valores de caudal.
- Curva de potencia vs. caudal: Esta curva muestra la potencia hidráulica que se pierde en la válvula para diferentes valores de caudal.

3.3.6 Bloques de control móviles

Para Castillo (2019), los bloques de control móviles, también conocidos como válvulas de control móviles o manifolds, son conjuntos de válvulas hidráulicas que se utilizan para controlar el movimiento de máquinas móviles como excavadoras, grúas, cargadoras y tractores. El funcionamiento básico es:

- Controlar el flujo de aceite: Los bloques de control móviles controlan el flujo de aceite a los actuadores hidráulicos, como cilindros y motores hidráulicos.
- Regular la presión: Los bloques de control móviles regulan la presión del aceite en el sistema hidráulico.

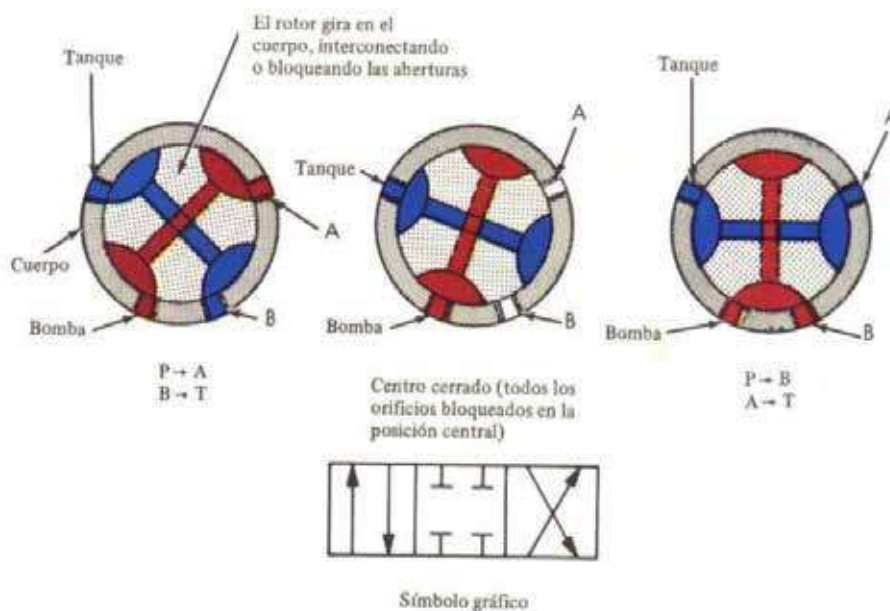
- Proteger el sistema: Los bloques de control móviles protegen el sistema hidráulico de daños por sobrepresión o sobre temperatura.

3.3.7 Principio de funcionamiento de válvulas direccionales de carrete deslizante giratorio.

Estas válvulas, consisten simplemente en un rotor estrechamente ajustado dentro del cuerpo de la válvula. Los pasos en el rotor conectan o bloquean los orificios del cuerpo de la válvula para obtener las 4 vías de caudal. Si se desea puede incorporarse una posición central. Las válvulas rotativas se accionan manual o mecánicamente, Aunque pueden invertir el caudal dirigido a cilindros o motores, sin embargo, se usan principalmente como válvulas piloto para controlar otras válvulas (Aedo, 2019).

Figura 60

Funcionamiento de válvulas direccionales de carrete deslizante giratorio



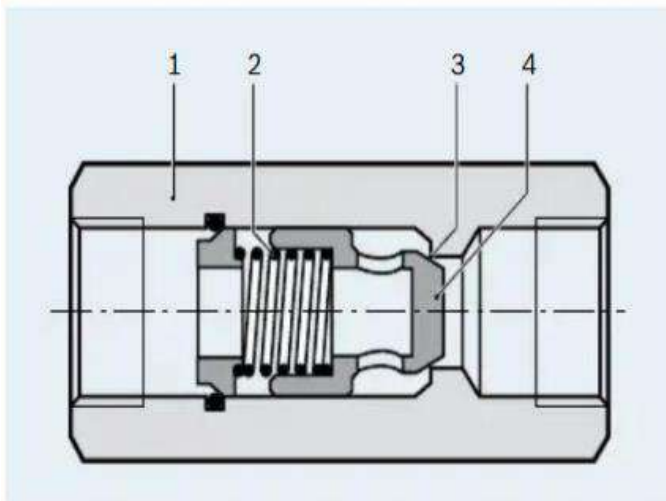
Fuente: (Aedo, 2019)

3.3.8 Válvulas de retención

Forman parte de un circuito hidráulico y su función consiste en dejar pasar el fluido en una dirección, pero también es capaz de bloquear el flujo en dirección opuesta, estas válvulas de son del grupo de válvulas de bloqueo, y generalmente están diseñadas con el asiento para que cuando estén en posición de cerrado se bloquee el flujo y no existan fugas (Chicaiza y Villarroel, 2023).

Figura 61

Válvula antirretorno de una tubería



Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023).

1 Carcasa

2 Resorte de cierre

3 Asiento de la válvula

4 Elemento de bloqueo.

3.4 Válvulas de Control de Flujo

3.4.1 Función Básica

Aedo (2019) menciona que este tipo de valvulas basicamente funcionan, como su nombre lo indica controlando el caudal, esto significa que son capaces de controlar el paso del caudal abriendo o cerrando pasajes en posiciones definidas de la válvula, es representada simbólicamente con una envoltura separada (cuadro) para cada posición definida, mostrando las direcciones del caudal en dicha posición.

3.4.2 Clasificación de Válvulas de Control de Flujo

Estas válvulas se clasifican por sus principales características y Aedo (2019) menciona las siguientes:

- Tipo de elemento interno: posee un obturador sea en forma de pistón o esfera, una corredera rotativa o deslizante.
- Métodos de actuación: a través de levas, émbolos, palancas manuales, mecánicos, solenoides eléctricos, presión hidráulica e inclusive una combinación de los antes mencionados.
- Número de vías
- Tamaño: Tamaño nominal de las tuberías conectadas a la válvula o a su placa base, o caudal nominal.
- Conexiones: se unen por medio de roscas cónicas, cilíndricas, bridas y placas bases (Aedo, 2019).

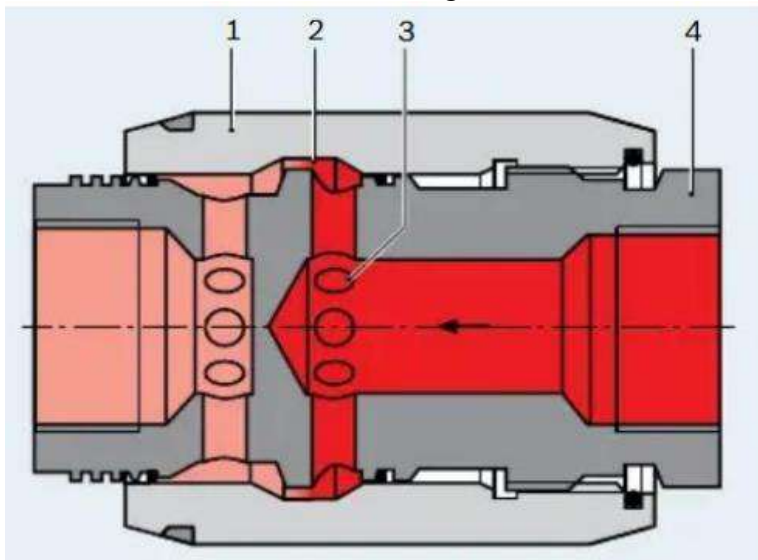
3.4.3 Válvulas de Estrangulación

Para Chicaiza y Villarroel (2023) este tipo de válvulas son también

conocidas como válvulas de mariposa, y dirigen el flujo del equipo hidráulico por medio de un tramo de la válvula de estrangulamiento, las válvulas de mariposa son capaces de reducir el flujo en una o ambas direcciones, el caudal que recorre la válvula de mariposa dependerá del tramo o sección transversal de la apertura así como de la altura de la diferencia de presión de la válvula, además, “si la sección de apertura es la misma, entonces se dice que cuanto mayor es la diferencia de presión, mayor es el caudal” (Chicaiza y Villarroel, 2023, p.15).

Figura 62

Diseño de una válvula estranguladora



Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023)

1 Elemento de ajuste

2 Punto de estrangulación

3 Perforación de caudal

4 Carcasa.

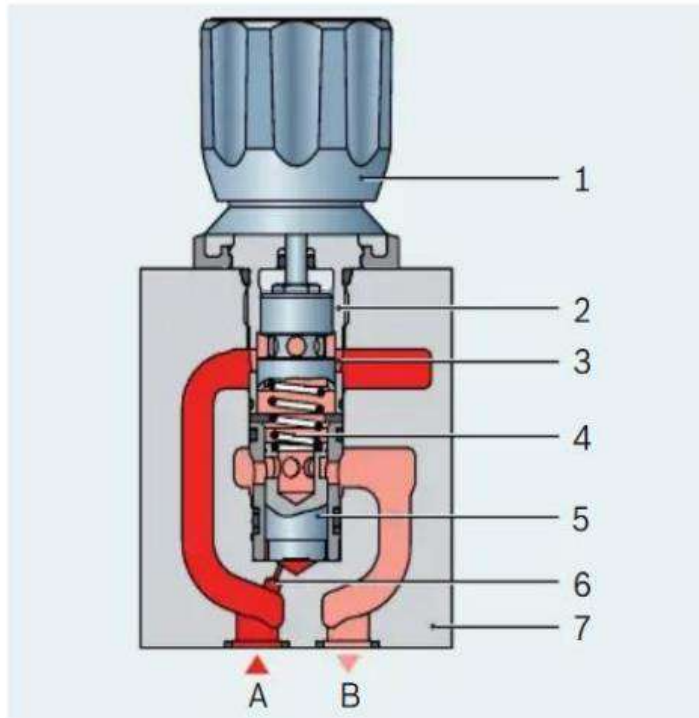
3.4.5 Reguladores de flujo

Las válvulas reguladoras de caudal se encargan de regular el flujo en el sistema hidráulico independientemente de los cambios de presión, estas válvulas permiten mantener el caudal constante dentro de los límites establecidos, también dependiendo de su uso, este tipo de válvulas son instaladas en el suministro, o en la salida del consumidor regulado o en paralelo con el consumidor, dentro de sus funciones Chicaiza y Villarroel (2023) mencionan que se encargan de compensar los diversos cambios como la presión de suministro o de salida y los cambios inducidos por la temperatura en la viscosidad del fluido hidráulico, las válvulas de control de flujo operan en una sola dirección.

En la siguiente figura, se puede observar el esquema de este tipo de válvula.

Figura 63

Estructura básica de una válvula reguladora de caudal



Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023).

1 Elemento de ajuste

2 Buje estrangulador

3 Punto de estrangulación

4 Resorte de regulación de la balanza compensadora de presión

5 Pistón de ajuste de la balanza compensadora de presión

6 Tobera

7 Carcasa A, B Conexiones de trabajo.

3.4.6 Válvula de prioridad

Según Aedo (2019), una válvula de prioridad es una válvula hidráulica que dirige el flujo del fluido hidráulico a un circuito principal antes de que se distribuya al resto de los circuitos. Esto asegura que el circuito prioritario reciba el flujo y la presión que necesita para funcionar correctamente.

Existen diversos tipos de válvulas de prioridad, entre las que destaca Aedo (2019):

- Válvulas de Prioridad de presión, las cuales regulan la presión de un determinado circuito hidráulico.
- Válvulas de prioridad de caudal, estas van a direccionar y controlar el caudal.
- Válvulas de tipo mixto, las cuales combinan los dos estilos anteriores.

CAPÍTULO 4

Actuadores
alternativos hidráulicos

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS APLICADOS A MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

Los actuadores alternativos hidráulicos son dispositivos que convierten la energía hidráulica en movimiento lineal. Son componentes fundamentales en una amplia variedad de máquinas y equipos, desde maquinaria industrial hasta vehículos y sistemas de generación de energía. Es por ello, que resulta interesante y de vital importancia conocer a profundidad sus componentes y demás aplicaciones, por lo cual, en este capítulo, se realizara un estudio acerca de las características, aplicaciones y clasificaciones de los actuadores hidráulicos.

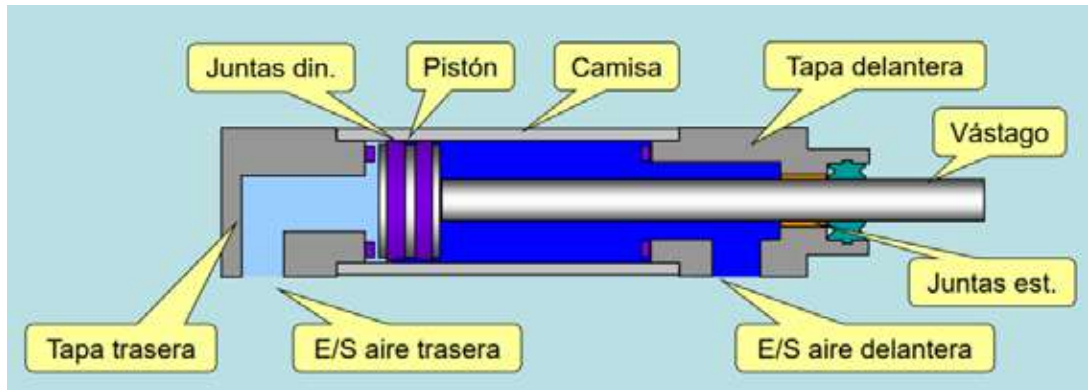
4.1 Cilindros Hidráulicos

“Es un actuador hidráulico volumétrico en el que el enlace de salida realiza un movimiento alternativo de traslación, el eslabón de salida del cilindro puede ser un vástago, un émbolo o un cuerpo de cilindro hidráulico, si el vástago o el émbolo están fijos” (Pérez y Navarro, 2020).

Avelar et al. (2020), expresa que un actuador neumático o cilindro es la parte final del proceso en los sistemas neumáticos y su función se basa principalmente en energía de aire comprimido, la energía neumática pasa a través de la energía de aire convirtiendola en energía mecánica que permite la ejecución de un trabajo útil, al estar actuado, el aire comprimido entra en un tubo desde un extremo del pistón e imparte la fuerza por medio del pistón, este se desplaza por el aire comprimido que se ensancha intentando alcanzar la presión atmosférica.

En la siguiente figura se puede observar la estructura basica del cilindro

Figura 64
Construcción Básica



Fuente: (Renedo y Ortiz, 2020).

Figura 65
Cilindro

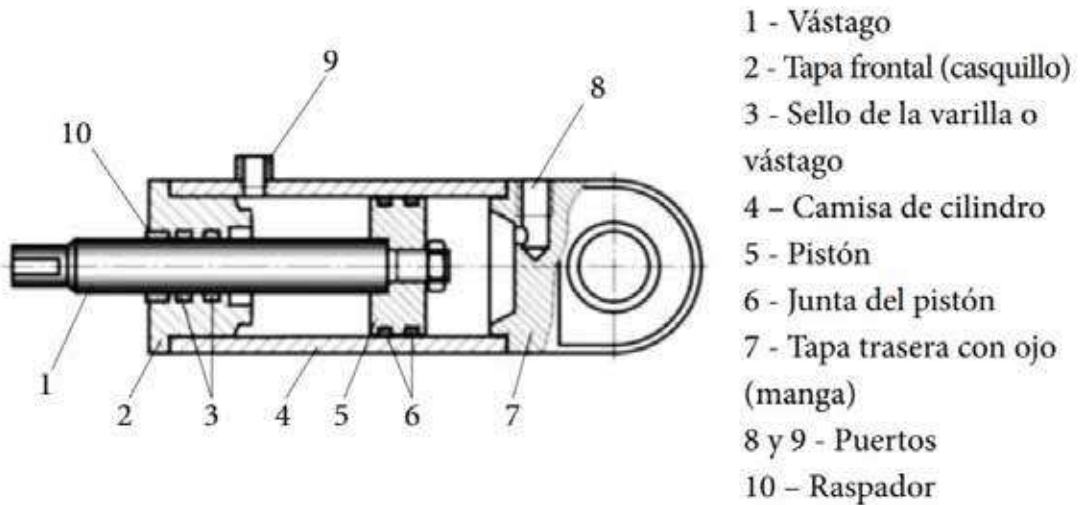


Figura: (Pérez y Navarro, 2020)

4.1.1 Aplicaciones de Cilindros Hidráulicos

Son diversas las ventajas que conllevan al uso generalizado de los cilindros hidráulicos, y son las siguientes:

- Obtener grandes esfuerzos de compresión o tracción con pequeñas dimensiones generales.
- Fuerza constante en toda la carrera.
- Facilidad del cálculo de la fuerza del accionamiento.

- Facilidad de montaje del accionamiento con un cilindro hidráulico
- Simplicidad de diseño, eficiencia de uso y fabricación, durabilidad.

4.1.2 Configuraciones de Cilindros Hidráulicos

Castillo (2019) afirma que los cilindros hidráulicos se configuran de los siguientes elementos:

- Varilla: se encuentre conectada al pistón y es la encargada de soportar la carga del implemento, generalmente es hecha de acero de alta resistencia, cromado en duro para que pueda resistir la picadura y el rayado (Castillo, 2019).
- Tubo del cilindro: es un cañón o tubo hecho de acero estirado a presión o fundido, con una tapa soldada en un extremo, su interior posee una terminación de alta precisión y es liso (Castillo, 2019).
- Ojo de la cabeza: El anillo de la cabeza ayuda a unir el extremo de la cabeza con el resto del cilindro que va a la máquina o al implemento (Castillo, 2019).
- Ojo del vástago: El cáncamo de la varilla permite conectar el extremo de varilla del cilindro a la máquina o al implemento (Castillo, 2019).
- Tapa del cilindro: La tapa del cilindro rodea el extremo abierto de varilla del cilindro y tiene una abertura por la que la varilla entra y sale del cilindro. Puede ir atornillada al cilindro o unida a él por medio de pernos de anclaje o de bridas empernadas. La tapa del cilindro a veces tiene una lumbrera.
 - a) Tapa de cilindro de corona roscada
Enrosca en la parte exterior del tubo del cilindro.
 - b) Cuello porta-sellos roscado

Enrosca en la parte interior del tubo del cilindro.

- Puntos de conexión: permite un pasaje para que el aceite se suministre y de retorno.
- Pistón: es un disco de acero que se une al extremo de la varilla, la presión hidráulica que se ejerce sobre cualquiera de los lados del pistón hace que la varilla se mueva (Castillo, 2019).
- Tuerca del pistón: fija la varilla al pistón.
- Sellos de los cilindros Un cilindro hidráulico tiene varios sellos.
 1. Sello limpiador: Evita que la suciedad penetre en el cilindro.
 2. Sello amortiguador: Es el sello secundario de la varilla y su función consiste en evitar que los picos de presión lleguen al sello de la varilla.
 3. Sello del pistón.

Proporciona un sellado entre el pistón y el tubo del cilindro. Esto reduce las fugas que se producen entre la varilla y el extremo de cabeza del pistón.

4. Anillo de desgaste del pistón

Centra el pistón en el tubo del cilindro y evita que el pistón raye al tubo.

5. Sello de la varilla

Es el sello principal de la varilla y su función es sellar el aceite dentro del cilindro para evitar las fugas.

6. Anillo de desgaste de la varilla

Es un manguito que centra la varilla en la tapa y evita que la tapa raye la varilla.

7. Sello de la tapa

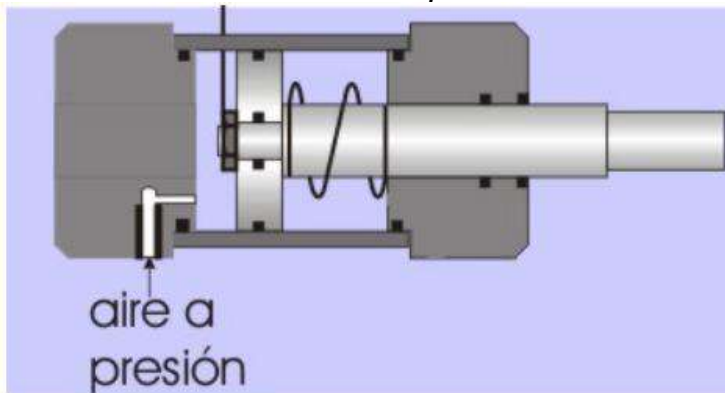
Mantiene la presión del sistema y evita las fugas entre la tapa y el tubo del cilindro.

4.1.3 Cilindros Hidráulicos de Simple Efecto

Estos cilindros tienen solo una conexión de aire comprimido, por lo tanto, este tipo de actuador realiza sus trabajos solo en un sentido, y cuando ya no se aplica aire ocurre el retroceso del cilindro, y el trabajo en un solo sentido, hace que los cilindros necesiten solo la mitad de aire en comparación a los que producen el trabajo en los dos sentidos (Avelar Miranda, y otros, 2020)

Figura 66

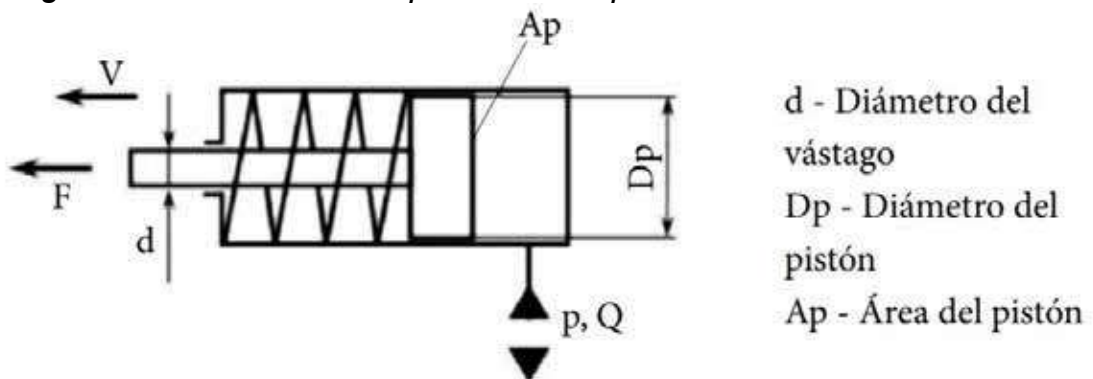
Cilindros Hidráulicos de Simple Efecto



Fuente: (Avelar et al., 2020)

Figura 67

Diagrama de un cilindro de pistón de simple efecto



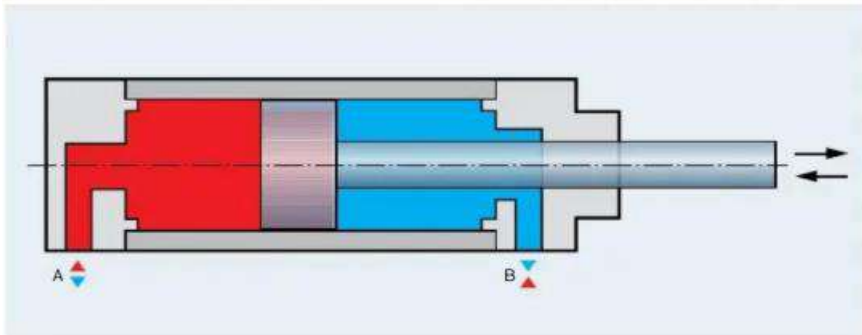
Fuente: (Pérez y Navarro, 2020)

4.1.4 Cilindros hidráulicos de doble efecto

Cuentan con dos entradas de aire comprimido permitiendo el empuje del pistón con aire en ambos sentidos (adelante y atrás), como se muestra en la siguiente figura de (Chicaiza y Villarroel, 2023).

Figura 68

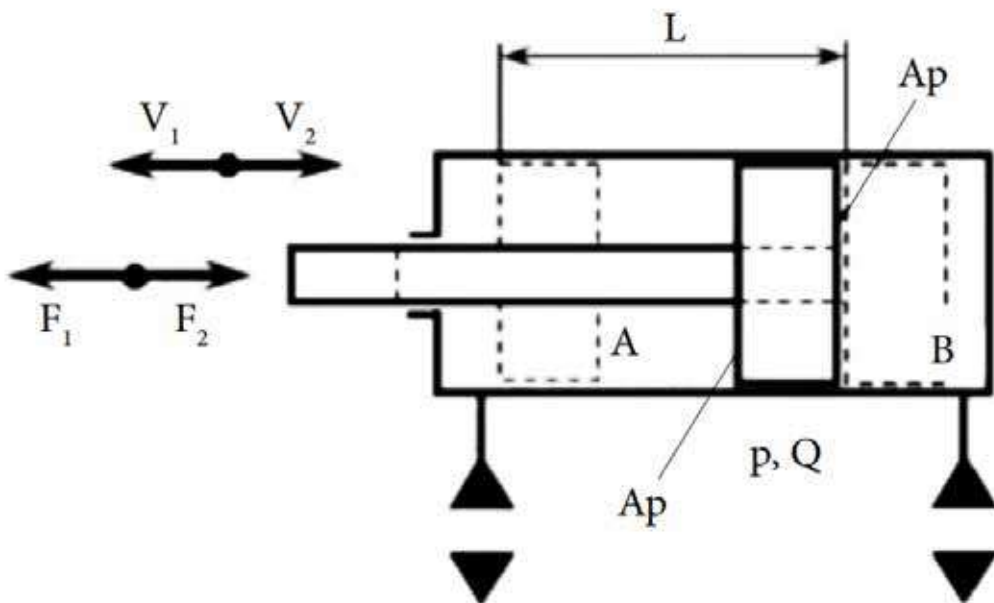
Cilindros hidráulicos de doble efecto



Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023).

Figura 69

Cilindro hidráulico de doble efecto con vástago unidireccional



Fuente: (Pérez y Navarro, 2020).

4.1.5 Arietes hidráulicos

Un ariete hidráulico, también conocido como bomba de ariete, es un dispositivo que utiliza la energía cinética del agua en movimiento para elevar una parte de esa agua a un nivel superior. No necesita energía adicional para funcionar, lo que lo convierte en una opción atractiva para lugares sin acceso a electricidad o combustible; este tipo de bomba funciona de la siguiente manera, descrito por Aedo (2019):

1. Flujo de agua: El agua fluye a través de una tubería con una pendiente descendente.
2. Válvula de entrada: La válvula de entrada se abre y permite que el agua ingrese a la cámara de aire.
3. Cierre de la válvula de entrada: El flujo de agua aumenta la velocidad y la presión, lo que cierra la válvula de entrada de forma abrupta.
4. Golpe de ariete: El cierre repentino de la válvula de entrada genera un golpe de ariete, una sobrepresión que empuja el agua hacia la cámara de aire.
5. Apertura de la válvula de salida: La sobrepresión abre la válvula de salida y el agua se eleva a un nivel superior.
6. Ciclo repetitivo: El ciclo se repite de forma automática, con el agua golpeando la válvula de entrada y saliendo por la válvula de salida.

4.1.6 Cilindros hidráulicos telescópicos

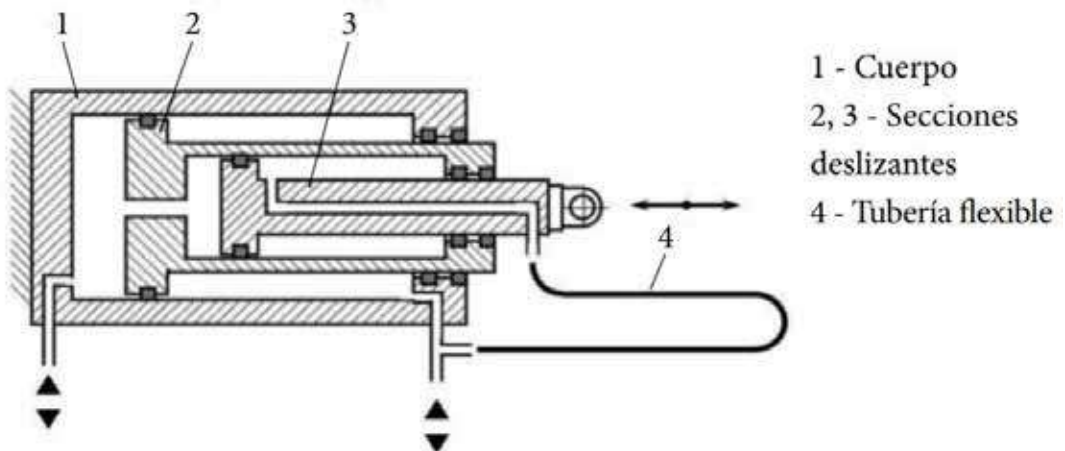
La peculiaridad de estos cilindros es que tienen la capacidad de llegar a grandes alturas y ocupar poco espacio cuando están aislados, también ejercen la fuerza sólo bajo tensión y se retraen casi siempre por su propio peso (Chicaiza y Villarroel, 2023).

Figura 70
Cilindro Telescópico



Fuente: (Chicaiza y Villarroel, 2023)

Figura 71
Esquema de un Cilindro Telescópico

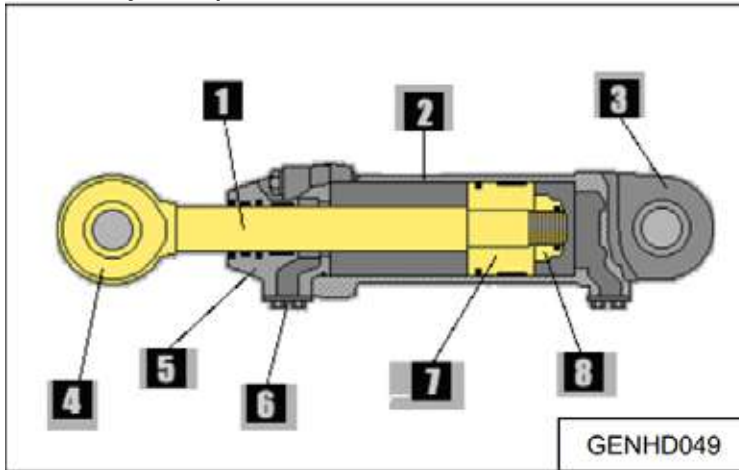


Fuente: (Pérez y Navarro, 2020).

4.1.7 Terminología de cilindros

A continuación, se muestra en la figura un cilindro, en la cual se pueden observar los términos asociados a sus partes.

Figura 72
Cilindro y sus partes



Nota: 1) Varilla; 2) Tubo del cilindro; 3) Cáncamo de la cabeza; 4) Cáncamo de la varilla; 5) Tapa del cilindro; 6) Puntos de conexión; 7) Pistón; 8) Tuerca del pistón
Fuente: (Castillo, 2019)

4.1.8 Cálculos de tamaño de un cilindro hidráulico

Se deben realizar una serie de cálculos para realizar un correcto dimensionamiento de un actuador neumático, el cual es necesario para un sistema en particular, para poder hacer esto se debe tomar en cuenta ciertos criterios los cuales son la carga total del sistema que debe moverse. Cuando se ha definido todas las fuerzas y aspectos que influyen dentro del actuador neumático, la presión ejercida dentro del mismo esta se puede calcular el tamaño del cilindro mediante la ley de pascal (Castillo, 2019).

Esta ley establece lo siguiente, que la fuerza ejercida dentro del actuador es igual a la presión que se aplica sobre un área la formula se representa de la siguiente manera:

$$P = F/A$$

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área}$$

4.1.9 Estilos de carcasa de cilindros hidráulicos

Las carcasas de un cilindro hidráulico, son las piezas huecas o perforadas de forma cilíndrica por la que se desliza el pistón o embolo. Sus paredes internas son lisas (algunas veces cromadas), con un bajo índice de rugosidad para facilitar el deslizamiento del pistón (Maldonado, 2023).

Entre los principales medios de soportacion de los cilindros destacan los siguientes:

- Cilindros con brida rectangular o circular delantera: se sujeta de una placa, la cual, generalmente es de metal, y está ubicada en la parte delantera del cilindro, el vástago puede llevar cualquier medio de sujeción (Maldonado, 2023)

Figura 73

Cilindros con brida rectangular



Fuente: (Maldonado, 2023)

- Cilindros con brida rectangular o circular trasera: es fijada a través de una placa que se sitúa en la parte trasera del cilindro, que a su vez sirve de tapa trasera. El vástago puede llevar cualquier medio de sujeción (Maldonado, 2023).

Figura 74

Cilindros con brida rectangular o circular trasera



Fuente: (Maldonado, 2023)

- Cilindros con charnela trasera (orejeta macho u horquilla): se fija por medio de una charnela –pasador, la charnela puede ser como una orejeta o forma de horquilla, es normal en estos cilindros que se le coloque al vástago otra orejeta u horquilla roscada (Maldonado, 2023)

Figura 75

Cilindros con orejeta macho



Fuente: (Maldonado, 2023).

- Cilindros con charnela con rótula trasera (orejeta con rótula): se fija como los cilindros con charnela trasera, con la diferencia de que la orejeta de estos cilindros tiene una rótula, y la charnela solo es en forma de orejeta, y en la parte delantera se suele

colocar una orejeta con rótula o una horquilla roscada al vástago (Maldonado, 2023).

Figura 76

Cilindros con orejeta con rótula



Fuente: (Maldonado, 2023).

- Cilindros con fijación por patas: este tipo de fijación se utiliza para acoplar el cilindro a una superficie plana por medio de pernos, en este caso el vástago puede llevar cualquier medio de sujeción (Maldonado, 2023).

Figura 77

Cilindros con fijación por patas



Fuente: (Maldonado, 2023).

- Cilindros fijados mediante muñón: esta fijación es igual que la charnela, donde el muñón puede ser colocado en cualquier parte de la camisa del cilindro según sea el uso del producto, en

este caso el vástago puede llevar cualquier medio de sujeción, sin embargo, se suele colocar amarres por medio de una fijación de pasador con orejeta y rótula (Maldonado, 2023).

Figura 78

Cilindros con fijación por muñón



Fuente: (Maldonado, 2023).

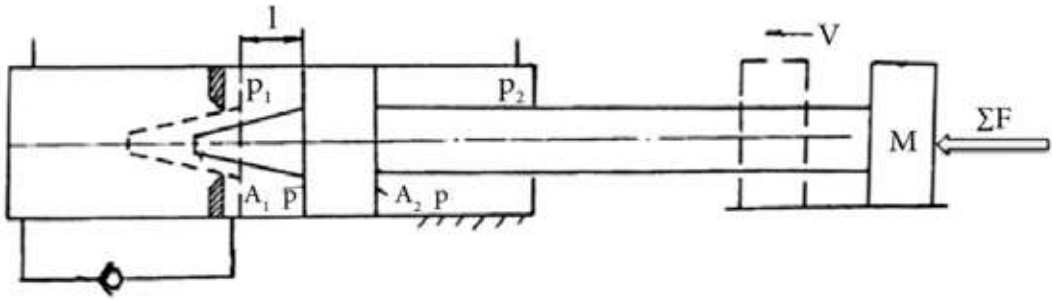
4.1.10 Amortiguación del cilindro

En la mayoría de los amortiguadores hidráulicos su principio de trabajo es la estrangulación del líquido que se expulsa de las cavidades de los actuadores hidráulicos (Pérez y Navarro, 2020). Mientras ocurre este proceso la energía de las masas móviles se extiende y se transforma en calor, la amortiguación o el freno del actuador hidráulico al final del proceso se puede realizar con el apoyo de estranguladores hidráulicos que se instalan tanto dentro como fuera del actuador (Pérez y Navarro, 2020).

A continuación, se puede observar el esquema del sistema de amortiguación de un cilindro. .

Figura 79

Esquema de cilindro con amortiguación.



Fuente: (Pérez y Navarro, 2020).

4.2 Actuadores rotativos

4.2.1 Aplicaciones de actuadores rotativos

Estos actuadores son comúnmente utilizados para girar componentes, actuar válvulas de control de procesos y giros en aplicaciones de robótica además de que proporcionan un giro limitado (Renedo y Ortiz, 2020)

Y se clasifican en:

De paleta, D.E con ángulo de giro de 270°

Figura 80

Actuador rotativo de paleta

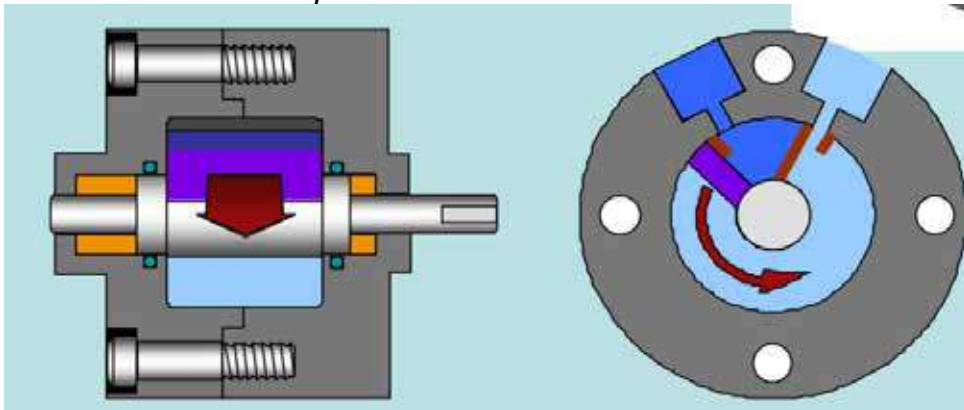
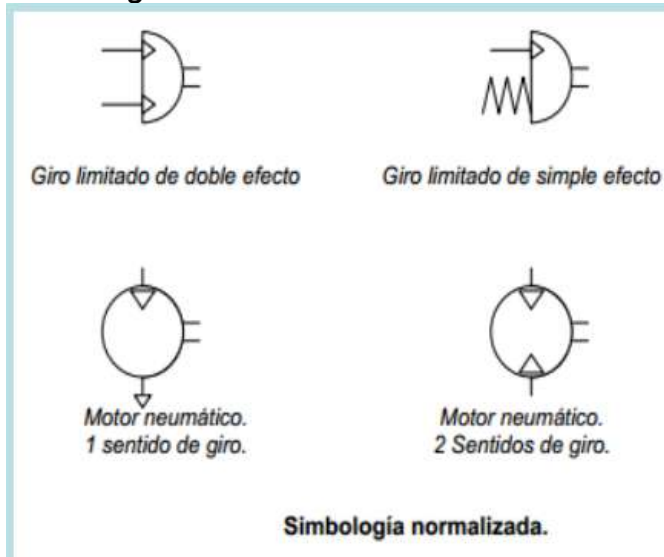


Figura: (Renedo y Ortiz, 2020)

A continuacion, se puede observar la simbologia normalizada en torno a los actuadores.

Figura 81

Simbologia Normalizada de los Actuadores

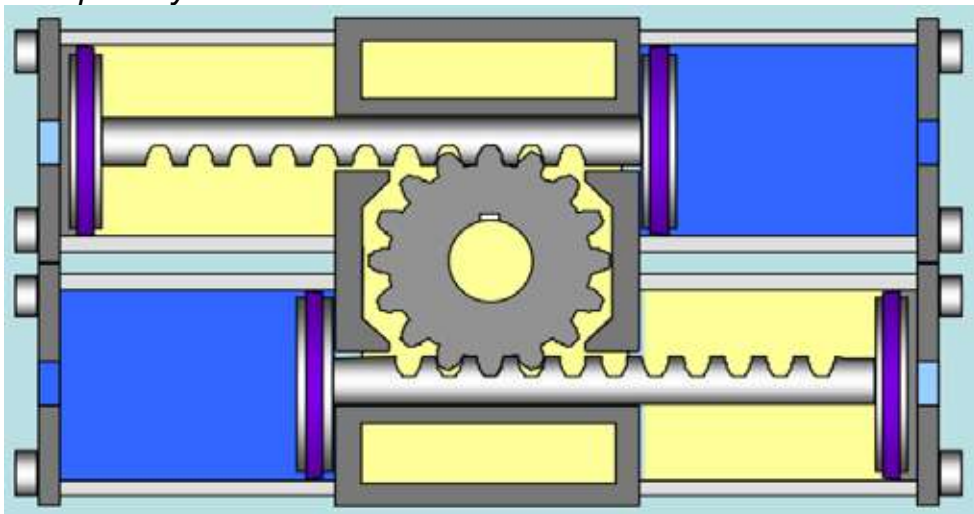


Fuente: (Renedo y Ortiz, 2020).

- D.E. piñón y cremallera (doble par): son utilizados para girar componentes, actuar válvulas de control de procesos, y giros en aplicaciones de robótica y estos proporcionan un giro limitado (Renedo y Ortiz, 2020).

Figura 82

D.E. piñón y cremallera



Fuente: (Renedo y Ortiz, 2020)

4.2.2 Configuraciones de actuadores rotativos

Los actuadores rotativos son dispositivos que convierten el movimiento lineal en movimiento giratorio. Se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluidas máquinas herramienta, robótica y equipos de manipulación de materiales.

Existen varios tipos diferentes de configuraciones de actuadores rotativos, que incluyen:

- **Piñón y cremallera:** este es el tipo más común de actuador rotativo. Consiste en un piñón que engrana con una cremallera. El piñón gira el eje de salida del actuador.
- **Tornillo sin fin y corona:** este tipo de actuador rotativo es similar al de piñón y cremallera, pero utiliza un tornillo sin fin en lugar de un piñón. El tornillo sin fin engrana con una corona, que gira el eje de salida del actuador.
- **Sector y husillo:** este tipo de actuador rotativo utiliza un sector, que es un segmento de un engranaje. El sector engrana con un husillo, que gira el eje de salida del actuador.
- **Leva:** este tipo de actuador rotativo utiliza una leva para convertir el movimiento lineal en movimiento giratorio. La leva está conectada a un seguidor, que gira el eje de salida del actuador.

4.2.3 Cálculos de tamaño del actuador rotativo

Las principales dimensiones de un cilindro son el diámetro y la carrera, en cuanto al diámetro interno la selección del área interior o diámetro interno del cilindro depende de: la fuerza requerida del cilindro y de la presión suministrada al cilindro (Pérez y Navarro, 2020).

Sabemos que:

$$p[bar] \cdot A[mm]^2 = F_{resistente} [N]$$

En dónde;

$$A[mm]^2 = \frac{F_{resistente} [N]}{p[bar]}$$

Además;

$$A[mm]^2 = \frac{\pi}{4} D^2$$

Por lo tanto;

$$D[mm] = \sqrt[2]{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{F_{resistente} [N]}{p[bar]}}$$

Para calcular el diámetro del cilindro hidráulico se aplica esta fórmula:

$$D [mm] = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot F_{extensión} [N]}{0,9 \cdot \pi \cdot P [MPa]}}$$

Donde:

P = presión de operación.

Y, para el diámetro del vástago hidráulico se puede calcular de la siguiente manera:

$$d [mm] = \sqrt[2]{D^2 - \frac{4 \cdot F_{retracción} [N]}{0,9 \cdot \pi \cdot P [MPa]}}$$

Donde;

D = diámetro del cilindro.

4.3 Acumuladores Hidráulicos

Pérez y Navarro (2020), mencionan que estos son utilizados para acumular el líquido y posteriormente suministrarlo al sistema a presión.

4.3.1 Principio de Funcionamiento de Acumuladores Hidráulicos

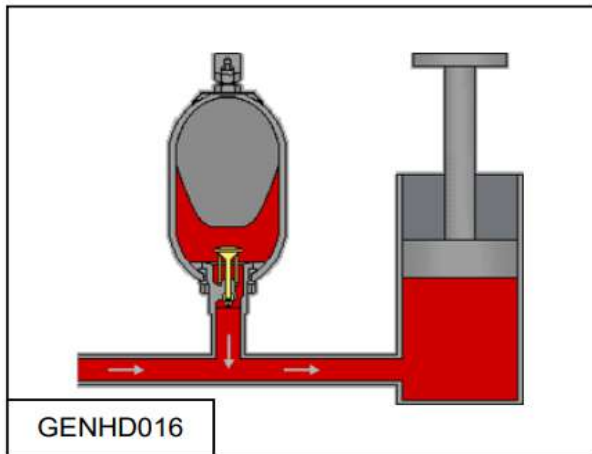
Munive (2020) indica que estos son recipientes que almacenan el aceite hidráulico a presión, y el depósito de aceite y presión que poseen los acumuladores brinda unas funciones básicas en los sistemas hidráulicos móviles, entre estas se menciona que “compensa las variaciones de flujo, mantiene una presión constante, absorbe los impactos y proporciona presión y flujo de emergencia” (p.22).

Estos elementos aportan las siguientes ventajas al sistema:

- Compensación de las variaciones de flujo: a veces la demanda de flujo en algunos sistemas puede exceder las capacidades de los tanques y las bombas, para estas situaciones el acumulador puede brindar de manera provisional el caudal necesario, y cuando todo el proceso vuelve a la normalidad, el acumulador se vuelve a llenar de aceite (Castillo, 2019).

Figura 83

Compensación de las variaciones de flujo

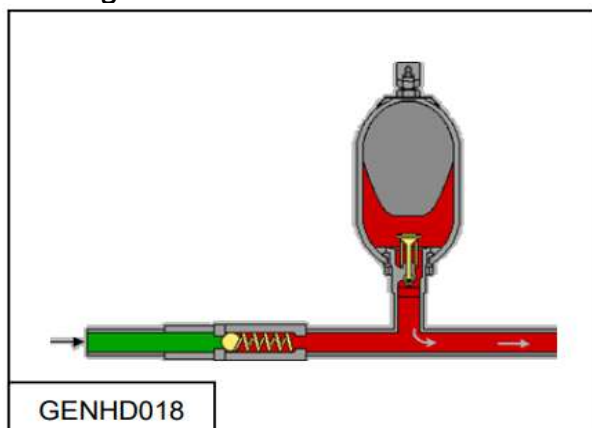


Fuente: (Castillo, 2019)

- Mantiene la presión constante: los acumuladores compensan las variaciones de presión que se producen en el sistema suministrando presión adicional y absorbiendo el exceso de presión, según se requiera (Castillo, 2019).
- Amortiguación: Los cambios repentinos de carga pueden ocasionar sobrecargas de presión en el sistema. El acumulador funciona como un amortiguador recibiendo el aceite de la sobrecarga y dejándolo salir una vez pasada la sobrecarga (Castillo, 2019).

Figura 84

Amortiguación



Fuente: (Castillo, 2019)

4.3.2 Cálculos de Dimensionamiento de Acumuladores Hidráulicos

Para realizar los cálculos correspondientes para dimensionar los acumuladores hidráulicos, es importante tomar en consideración la clasificación de este tipo de elementos, la cual es la siguiente:

- a) Acumulador de carga: están compuestos por un cilindro con pistón, sobre este (pistón) actúa el peso G , dicho peso es constante y por esa razón este acumulador permite una presión constante durante la descarga (Pérez y Navarro, 2020).

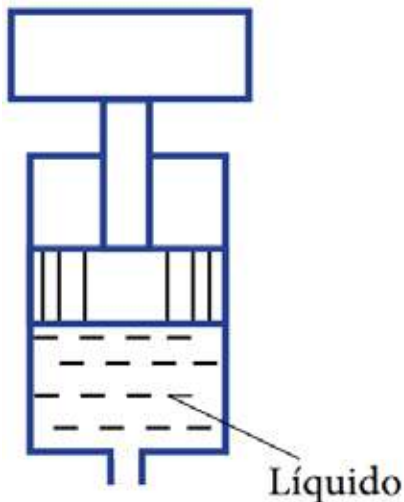
La presión se expresa por la ecuación:

$$p = G/A_p$$

donde; A_p es el área del pistón y no depende de la posición del pistón.

En la construcción de maquinarias estos acumuladores se utilizan muy poco debido a su gran volumen y a la necesidad de mantenerlos siempre en la posición vertical (Pérez y Navarro, 2020)

Figura 85
Acumulador de carga



Fuente: (Pérez y Navarro, 2020).

- b) Acumulador de muelle: Pérez y Navarro (2020) mencionan que el pistón está cargado por la acción del resorte, por esta razón la presión en el cilindro va a depender de la deformación del muelle. Y la expresión viene dada por:

$$p = \frac{F_r}{A} = \frac{F_{pr} + k_{cr} \cdot x_{cm}}{A}$$

Donde:

F_r = carga desarrollada por el resorte [N]

k_{cr} = coeficiente de rigidez del resorte [N/m]

x_{cm} = deformación del resorte [m]

F_{pr} = fuerza de pretensado del resorte [N]

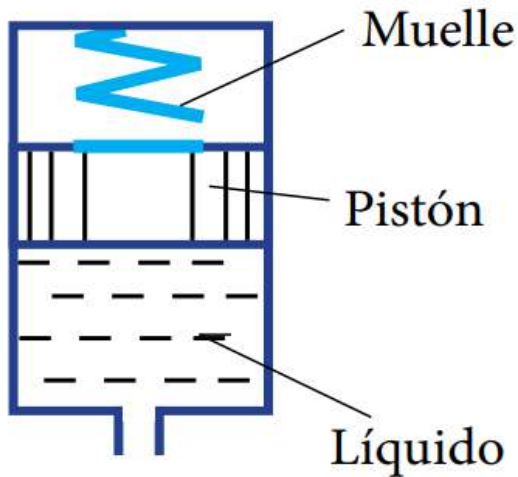
El resorte puede ser calculado a partir de las presiones máxima y mínima en el cilindro.

$$k_{cr} \cdot x_{cm} = (p_{m\acute{a}x} - p_{m\acute{i}n})A$$

Correspondientemente el volumen máximo del líquido acumulado será:

$$V_{m\acute{a}x} = A \cdot x_{cm} = \left(\frac{A^2}{k_{cm}} \right) (p_{m\acute{a}x} - p_{m\acute{i}n})$$

Figura 86
Acumulador de muelle



Fuente: (Pérez y Navarro, 2020)

- c) Acumulador de gas: Los acumuladores de gas se utilizan cada día con mayor frecuencia gracias a su poca complejidad y por la capacidad de poder mantener presiones altas (hasta 20 MPa) (Pérez y Navarro, 2020).

El gas comprimido se separa del líquido de trabajo a través de un pistón, una membrana, o bolsa de goma, y generalmente se utiliza el nitrógeno como gas, ya que este es capaz de proteger las partes metálicas de la corrosión, contribuyendo a la duración del tiempo de las partes del acumulador.

Por lo cual,

$$\frac{p_0}{p_{\text{máx}}} \left(\frac{n}{2n - 1} \right)^{\frac{n}{n - 1}}$$

Donde;

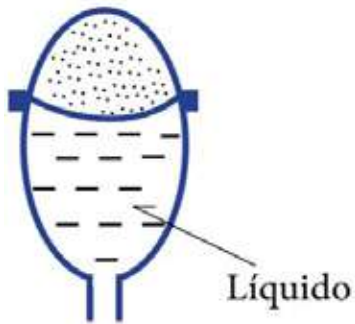
p_0 = presión inicial (p_{carga}) [Pa]

$p_{\text{máx}}$ = presión máxima [Pa]

n = índice de politropía [puede tomar valores desde 0 hasta ∞ , según sea el proceso termodinámico]

n depende del tiempo, de la carga del acumulador, de la temperatura, de p_0 / $p_{\text{máx}}$ y también de otros factores; para los cálculos previos se toma $n = 1,406$ si el proceso de carga y descarga se realiza durante $t = 30 \dots 60$ s y $n = 1,3$ para $t = 60 \dots 90$ s.

Figura 87
Acumulador de gas



Fuente: (Pérez y Navarro, 2020)

CAPÍTULO 5

Circuitos Oleo hidráulicos
en equipos de construcción

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS APLICADOS A MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

Los equipos de construcción modernos dependen en gran medida de los circuitos oleohidráulicos para realizar sus funciones. Estos circuitos utilizan la fuerza del fluido presurizado para mover componentes como cilindros, motores y bombas, lo que permite a las máquinas realizar tareas de gran potencia con precisión y control. Por lo que, en esta sección, se explora lo referido a los circuitos oleohidraulicos y abarcando sus componentes principales, principios de funcionamiento, tipos de circuitos y aplicaciones.

5.1 Consideraciones de seguridad en el diseño de un sistema hidráulico

Los sistemas hidráulicos se han configurado de tal manera que se tomen las previsiones necesarias para velar por la seguridad de sus operarios y usuarios, sin embargo, al ser sistemas compuestos por diferentes partes mecánicas, eléctricas y electro neumáticas pueden presentar ciertos niveles de inseguridad. En estos sistemas existen elementos a altas temperaturas como aceite, altas presiones y cargas pesadas. Por lo que conviene realizar un protocolo de seguridad para el manejo seguro de estos sistemas (Castillo, 2019).

Dentro de las consideraciones de seguridad a nivel general se mencionan las siguientes:

➤ Procedimientos de Seguridad Generales

Hay varios procedimientos generales de seguridad que deben seguirse antes de trabajar con cualquier sistema hidráulico móvil.

1. Pare la máquina y colocarle una etiqueta.

2. Bloquear o bajar los implementos y bloquear las ruedas o cadenas.

3. Alivie la presión en el sistema hidráulico.

4. Volver a poner en funcionamiento el sistema después de las reparaciones.

- Pare la Máquina y Colocarle una Etiqueta: existe una serie de procedimientos generales de parada de la máquina que se deben seguir cuando se está preparando para dar servicio al sistema hidráulico. Si está en el campo, ponga la máquina en terreno horizontal, apartada de máquinas en operación y de personal. Active el freno de estacionamiento, y luego baje o bloquee los implementos y los estabilizadores. Detenga la máquina y conecte la traba de la transmisión. Luego, ponga rótulos en la máquina para avisar que la máquina está siendo atendida. No se olvide de este paso crítico. El lugar preferido para colocar el rótulo es en el volante o en las palancas de dirección.
- Procedimiento de Bloqueo: Los procedimientos de bloqueo variarán de una máquina a la otra y dependen de los componentes en particular que requieran servicio. Una regla general es que siempre se deben bloquear las ruedas o las cadenas, para impedir el movimiento de avance o de retroceso. Los implementos siempre se deben bloquear con piezas de madera, nunca utilice piezas de cemento o concreto. Verifique y asegúrese de que el material que usa para bloquear sea suficiente para soportar la carga y de que esté colocado firmemente. Algunas máquinas están equipadas con equipo de bloqueo especial, por ejemplo, algunos cargadores de ruedas requieren bloquear la junta de articulación. Estas máquinas

vienen con un soporte especial para este fin. Las retroexcavadoras cargadoras y otras máquinas tienen soportes especiales para sostener el bastidor del cargador para ciertas tareas de servicio. Es importante verificar si en el manual de usuario de la máquina a la que se le va a dar servicio existe un método en particular para el procedimiento de bloqueo.

- Alivie la Presión en el Sistema Hidráulico: La presión hidráulica del sistema siempre se debe aliviar antes de dar servicio al sistema hidráulico. El aceite hidráulico puede ser un proyectil mortífero si explota una línea presurizada.

5.1.1 Limitación de presión:

Este procedimiento consiste en que después de bajar o bloquear los implementos, todas las palancas de control hidráulico se deben pasar por todas las posiciones posibles. Esto asegurará que se alivie la presión en los cilindros y en las líneas. Afloje la tapa de llenado del tanque hidráulico y purgue el acumulador si el sistema de la máquina que está atendiendo está equipado con uno. Los acumuladores de los sistemas de freno y de dirección se pueden purgar bombeando el pedal de freno o girando el volante de dirección varias veces.

5.1.2 Verificaciones del puerto de carga y anti cavitación:

El objetivo de esta verificación es asegurar que el puerto de carga del sistema hidráulico esté funcionando correctamente y el procedimiento es el siguiente:

- Comprobar la presión de carga: Medir la presión en el puerto de carga con un manómetro. La presión debe ser igual o superior a la presión nominal del sistema.

- Comprobar el caudal de carga: Medir el caudal de fluido que ingresa al sistema desde la bomba. El caudal debe ser igual o superior al caudal nominal de la bomba.
- Comprobar la temperatura del aceite: Medir la temperatura del aceite en el puerto de carga. La temperatura debe estar dentro del rango de operación recomendado para el aceite.

Por otro lado, para la verificación anti cavitación, el objetivo es justamente asegurar que no se produzca cavitación en la bomba hidráulica, y el procedimiento es el siguiente:

- Comprobar la altura de succión: Medir la altura de succión de la bomba. La altura de succión debe ser inferior a la altura de succión máxima permitida por la bomba.
- Comprobar la presión de entrada: Medir la presión en la entrada de la bomba. La presión de entrada debe ser igual o superior a la presión de vapor del aceite.
- Comprobar el estado del filtro de entrada: Inspeccionar el filtro de entrada de la bomba para verificar que no esté obstruido. Un filtro obstruido puede restringir el flujo de aceite a la bomba y provocar cavitación.

5.2 Consideraciones de ahorro de energía en el diseño de un sistema hidráulico

El ahorro de energía en un diseño de un sistema hidráulico es un tema muy importante, ya que de esto dependerá de que el proyecto sea factible o no económicamente. Es por esto, que resulta importante conocer cuáles son las consideraciones necesarias para lograr una alta eficiencia con el mayor ahorro en el diseño. A continuación, se mencionan las más relevantes, según Aedo (2019):

- Seleccionar componentes de alta eficiencia energética.
- Utilizar bombas de tamaño adecuado para la aplicación.
- Utilizar motores de alta eficiencia.
- Utilizar variadores de frecuencia para controlar la velocidad de la bomba.
- Minimizar las pérdidas de carga en el sistema.
- Utilizar tuberías de un tamaño adecuado.
- Utilizar válvulas de alta calidad.
- Incluir un filtro en el sistema para proteger los componentes del sistema de la contaminación.
- Realizar un mantenimiento regular del sistema para asegurar su eficiencia.
- Operar el sistema a la presión y caudal necesarios.
- Evitar la sobrecarga del sistema.
- Utilizar prácticas de ahorro de energía, como apagar la bomba cuando no se necesita.

5.2.1 Descarga de una bomba que acciona un solo actuador

La descarga de una bomba que acciona un solo actuador en un sistema hidráulico se refiere al caudal que la bomba entrega al actuador. El caudal es la cantidad de fluido que pasa por un punto determinado en una unidad de tiempo. En este caso, el punto determinado es la entrada del actuador (Chuchuca y Rodas, 2020).

Las formulas asociadas a la descarga de una bomba que acciona un solo actuador vienen dado por lo siguiente:

1. Ecuación:

- $Q = V * A$

2. Parámetros:

- Q: Descarga de la bomba (m^3/s)
- V: Velocidad del actuador (m/s)
- A: Área del émbolo del actuador (m^2)

3. Cálculo del área del émbolo:

- $A = D^2 * \pi / 4$

4. Parámetros:

- D: Diámetro del émbolo del actuador (m)

5.2.2 Descarga de una bomba que acciona múltiples actuadores

Para analizar la descarga de una bomba que acciona múltiples actuadores, debemos considerar los siguientes aspectos:

- Tipo de bomba: La descarga varía según el tipo de bomba (centrífuga, de desplazamiento positivo, etc.).
- Capacidad de la bomba: La capacidad de la bomba determina el caudal máximo que puede descargar.
- Número de actuadores: El número de actuadores conectados a la bomba afecta la demanda de caudal.
- Características de los actuadores: El caudal y la presión requeridos por cada actuador son importantes.
- Pérdidas del sistema: Las pérdidas por fricción en las tuberías y válvulas deben ser consideradas.

Cálculo de la descarga:

El caudal total descargado por la bomba se calcula como la suma de los caudales requeridos por cada actuador:

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

Donde:

- Q_{total} es el caudal total descargado por la bomba (m^3/s)
- Q_n es el caudal requerido por el actuador n (m^3/s)

Presión:

La presión en la bomba debe ser suficiente para superar las pérdidas del sistema y satisfacer la presión requerida por los actuadores:

$$P_{\text{bomba}} = P_{\text{pérdidas}} + P_{\text{máxima}}$$

Donde:

- P_{bomba} es la presión en la bomba (Pa)
- $P_{\text{pérdidas}}$ son las pérdidas de presión en el sistema (Pa)
- $P_{\text{máxima}}$ es la presión máxima requerida por un actuador (Pa)

Selección de la bomba:

La bomba debe ser seleccionada para que pueda proporcionar el caudal y la presión requeridos por el sistema. Se deben considerar las siguientes características:

- Capacidad de la bomba: Debe ser mayor o igual al caudal total descargado.
- Presión máxima: Debe ser mayor o igual a la presión máxima requerida.
- Eficiencia: La eficiencia de la bomba debe ser alta para minimizar el consumo de energía.

5.2.3 Descarga de una bomba mediante una PRV con función de descarga

La descarga de una bomba mediante una válvula de alivio de presión (PRV) con función de descarga se refiere al proceso de controlar el caudal de la bomba utilizando una PRV. La PRV se configura para abrirse cuando la presión del sistema alcanza un valor preestablecido, lo que permite que el exceso de fluido hidráulico regrese al tanque.

- Bomba funcionando: La bomba impulsa el fluido hidráulico por el sistema.
- Aumento de presión: La presión del sistema aumenta a medida que la bomba continúa funcionando.
- Apertura de la PRV: Cuando la presión del sistema alcanza el valor preestablecido, la PRV se abre.
- Descarga de fluido: El exceso de fluido hidráulico regresa al tanque a través de la PRV.
- Control del caudal: La PRV controla el caudal de la bomba al regular la cantidad de fluido que se descarga.

Ventajas de la descarga mediante PRV:

- Protección del sistema: La PRV protege el sistema hidráulico de sobrepresiones.
- Control del caudal: La PRV permite controlar el caudal de la bomba.
- Ahorro de energía: La PRV puede ayudar a ahorrar energía al reducir la cantidad de fluido que se bombea.

Tipos de PRV con función de descarga:

- PRV de acción directa: La PRV se abre directamente en respuesta a la presión del sistema.

- PRV pilotada: La PRV se abre mediante una señal de control externa.

Selección de la PRV adecuada:

- Presión máxima del sistema: La PRV debe ser capaz de soportar la presión máxima del sistema.
- Caudal de descarga: La PRV debe ser capaz de descargar el caudal máximo de la bomba.
- Tipo de PRV: La PRV debe ser del tipo adecuado para la aplicación.

5.2.4 Descarga de una bomba mediante una válvula de descarga de presión

La descarga de una bomba mediante una válvula de descarga de presión (VD) se refiere al proceso de controlar el caudal de la bomba utilizando una VD. La VD se configura para abrirse cuando la presión del sistema alcanza un valor preestablecido, lo que permite que el exceso de fluido hidráulico regrese al tanque.

- Bomba funcionando: La bomba impulsa el fluido hidráulico por el sistema.
- Aumento de presión: La presión del sistema aumenta a medida que la bomba continúa funcionando.
- Apertura de la VD: Cuando la presión del sistema alcanza el valor preestablecido, la VD se abre.
- Descarga de fluido: El exceso de fluido hidráulico regresa al tanque a través de la VD.
- Control del caudal: La VD controla el caudal de la bomba al regular la cantidad de fluido que se descarga.

Ventajas de la descarga mediante VD:

- Protección del sistema: La VD protege el sistema hidráulico de sobrepresiones.
- Control del caudal: La VD permite controlar el caudal de la bomba.
- Ahorro de energía: La VD puede ayudar a ahorrar energía al reducir la cantidad de fluido que se bombea.

Tipos de VD:

- VD de acción directa: La VD se abre directamente en respuesta a la presión del sistema.
- VD pilotada: La VD se abre mediante una señal de control externa.

Selección de la VD adecuada:

- Presión máxima del sistema: La VD debe ser capaz de soportar la presión máxima del sistema.
- Caudal de descarga: La VD debe ser capaz de descargar el caudal máximo de la bomba.
- Tipo de VD: La VD debe ser del tipo adecuado para la aplicación.

5.2.5 Descarga de una bomba en aplicaciones móviles

La descarga de una bomba en aplicaciones móviles depende de varios factores, como:

- Tipo de bomba: Centrífuga, de desplazamiento positivo, etc.
- Capacidad de la bomba: Caudal máximo que puede descargar.

- Demanda de caudal: Varía según la aplicación y el uso del vehículo.
- Presión: Requerida para superar las pérdidas y satisfacer las necesidades del sistema.
- Eficiencia: Minimiza el consumo de energía.
- Espacio disponible: Limitado en vehículos móviles.
- Peso: Afecta el rendimiento y la eficiencia del vehículo.
- Requisitos de control: Deben ser flexibles y adaptables a las condiciones cambiantes.

Cálculo de la descarga:

El caudal total descargado por la bomba se calcula como la suma de los caudales requeridos por cada componente del sistema:

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

Donde:

- Q_{total} : Caudal total descargado por la bomba (m^3/s)
- Q_n : Caudal requerido por el componente n (m^3/s)

Presión:

La presión en la bomba debe ser suficiente para superar las pérdidas del sistema y satisfacer la presión requerida por los componentes:

$$P_{\text{bomba}} = P_{\text{pérdidas}} + P_{\text{máxima}}$$

Donde:

- P_{bomba} : Presión en la bomba (Pa)
- $P_{\text{pérdidas}}$: Pérdidas de presión en el sistema (Pa)
- $P_{\text{máxima}}$: Presión máxima requerida por un componente (Pa)

Selección de la bomba:

Se selecciona la bomba que cumpla con los requisitos de caudal y presión del sistema. Se consideran:

- Capacidad de la bomba: Mayor o igual al caudal total descargado.
- Presión máxima: Mayor o igual a la presión máxima requerida.
- Eficiencia: Alta para minimizar el consumo de energía.
- Espacio y peso: Compatibles con el vehículo.
- Requisitos de control: Adaptables a las condiciones cambiantes

5.3 Cálculos de dimensionamiento de los sistemas oleo hidráulicos

El dimensionamiento correcto de un sistema oleohidráulico es crucial para asegurar su correcto funcionamiento, eficiencia y vida útil. Los cálculos de dimensionamiento abarcan diversos aspectos, como:

1. Cálculo del caudal:

- Caudal total: Se calcula sumando los caudales requeridos por cada componente del sistema.
- Caudal de la bomba: Debe ser mayor o igual al caudal total.

2. Cálculo de la presión:

- Presión máxima: Se determina considerando la presión requerida por el componente que demande mayor presión.
- Presión de la bomba: Debe ser mayor o igual a la presión máxima.

3. Selección de la bomba:

- Tipo de bomba: Se selecciona según las necesidades del sistema (centrífuga, de desplazamiento positivo, etc.).
- Capacidad de la bomba: Debe ser mayor o igual al caudal total.
- Presión máxima: Debe ser mayor o igual a la presión máxima.
- Eficiencia: Se busca una bomba con alta eficiencia para minimizar el consumo de energía.

4. Cálculo del tamaño de las tuberías:

- Diámetro de las tuberías: Se calcula para asegurar un flujo laminar y minimizar las pérdidas de presión.
- Velocidad del flujo: Debe mantenerse dentro de un rango adecuado para evitar cavitación y ruido excesivo.

5. Selección de los componentes:

- Válvulas: Se seleccionan según la función que deban cumplir (control de caudal, dirección, presión, etc.).
- Cilindros: Se seleccionan según la fuerza y carrera requeridas.
- Acumuladores: Se seleccionan para almacenar energía hidráulica y reducir las pulsaciones de presión.

6. Cálculo del tanque:

- Capacidad del tanque: Se calcula para asegurar un tiempo de residencia adecuado del fluido y evitar la formación de espuma.
- Filtros: Se seleccionan para eliminar las impurezas del fluido y proteger los componentes del sistema.

5.3.1 Pérdidas de potencia en conductores hidráulicos

1. Tipos de pérdidas:

Las pérdidas de potencia en conductores hidráulicos se pueden clasificar en dos categorías:

- Pérdidas por fricción: Estas pérdidas son causadas por la fricción del fluido hidráulico contra las paredes del conductor.
- Pérdidas por fugas: Estas pérdidas son causadas por la fuga de fluido hidráulico a través de pequeñas aberturas en el conductor.

2. Factores que afectan las pérdidas por fricción:

- Caudal del fluido: Las pérdidas por fricción aumentan con el caudal del fluido.
- Viscosidad del fluido: Las pérdidas por fricción aumentan con la viscosidad del fluido.
- Longitud del conductor: Las pérdidas por fricción aumentan con la longitud del conductor.
- Diámetro del conductor: Las pérdidas por fricción disminuyen con el diámetro del conductor.

3. Factores que afectan las pérdidas por fugas:

- Presión del fluido: Las pérdidas por fugas aumentan con la presión del fluido.
- Tamaño de las fugas: Las pérdidas por fugas aumentan con el tamaño de las fugas.
- Tipo de conductor: Las pérdidas por fugas son mayores en conductores flexibles que en conductores rígidos.

4. Cálculo de las pérdidas de potencia:

Las pérdidas de potencia en conductores hidráulicos se pueden calcular utilizando las siguientes ecuaciones:

- Pérdidas por fricción:

$$\text{Pérdidas por fricción} = (f * L * Q^2) / (2 * A * D)$$

Donde:

- f = Factor de fricción
- L = Longitud del conductor
- Q = Caudal del fluido
- A = Área de la sección transversal del conductor
- D = Diámetro del conductor
- Pérdidas por fugas:

$$\text{Pérdidas por fugas} = P * Q * C$$

Donde:

- P = Presión del fluido
- Q = Caudal del fluido
- C = Coeficiente de fuga

5.3.2 Acumulación de energía en retroceso en sistemas hidráulicos

La acumulación de energía en retroceso en sistemas hidráulicos se refiere al almacenamiento de energía en el fluido hidráulico cuando un actuador hidráulico se mueve en sentido contrario. Esta energía se puede reutilizar para realizar otro trabajo.

- **Movimiento del actuador:** Cuando un actuador hidráulico se mueve en sentido contrario, empuja el fluido hidráulico de regreso a la bomba.
- **Aumento de la presión:** El aumento del volumen de fluido en la línea de retorno aumenta la presión del sistema.
- **Almacenamiento de energía:** La energía del movimiento del actuador se almacena en el fluido hidráulico a alta presión.
- **Reutilización de la energía:** La energía almacenada se puede reutilizar para mover otro actuador o para realizar otro trabajo.

Los componentes principales que se utilizan para la acumulación de energía en retroceso en sistemas hidráulicos son:

- **Acumuladores:** Los acumuladores son dispositivos que almacenan energía hidráulica a presión.
- **Válvulas de retención:** Las válvulas de retención permiten que el fluido hidráulico fluya en una sola dirección.
- **Válvulas de control:** Las válvulas de control se utilizan para dirigir el flujo del fluido hidráulico.

5.3.3 Consideraciones ideales en el dimensionamiento del sistema hidráulico

A continuación, se dan las consideraciones generales a tomar en cuenta para realizar un sistema hidráulico sencillo, según Aedo (2019):

En primer lugar, es con respecto al trabajo que se debe realizar, donde se puede levantar un peso, girar una herramienta o bloquear algún elemento, el trabajo permite determinar qué tipo de actuador hay que utilizar, es probable que en primer lugar se seleccione el tipo de actuador (Aedo, 2019).

Para el caso de que los requerimientos solo fuesen levantar una carga, un cilindro hidráulico colocado bajo ella haría el trabajo, y la longitud de carrera del cilindro sería igual a la distancia de desplazamiento de la carga, su superficie se podría determinar por medio de la fuerza requerida para poder levantar la carga y la presión de funcionamiento deseada (Aedo, 2019).

En este caso Aedo (2019) menciona:

Supongamos que un peso de 4000 kp ha de elevarse a una altura de 1 metro y que la presión máxima de funcionamiento debe limitarse a 50 kp/cm². El cilindro seleccionado tendría una longitud de carrera de, por lo menos, 1 metro, y con una superficie de pistón de 80 cm² proporcionaría una fuerza máxima de 4000 kp. Esto, sin embargo, no prevé ningún margen de error. Una mejor selección sería un cilindro de 100 cm² que permitiría levantar la carga a 50 kp/cm² proporcionando una capacidad de elevación de hasta 5000 kp. El desplazamiento hacia arriba y hacia abajo del cilindro sería controlado mediante una válvula direccional. Si la carga debe detenerse en puntos intermedios de su trayecto, la válvula direccional deberá tener una posición neutral en la cual el caudal de aceite del lado inferior del pistón quede bloqueado, para soportar el peso sobre el cilindro. La velocidad a la cual debe desplazarse la carga determina el tamaño de la bomba. El pistón de 100 cm² desplaza 100 cm³ por cada cm que se levanta. El mover el cilindro 10 cm requerirá 1000 cm³ de aceite. Si hay que moverlo a razón de 10 cm por segundo, requerirá 1000 cm³ de aceite por segundo o 60 l/min. Como las bombas generalmente se dimensionan en galones por minuto, será necesario dividir 60/3785 para obtener el valor en galones por minuto; $60/3785 = 16$ gpm. La potencia necesaria para accionar la bomba depende de su caudal y de la presión a la cual funciona (p.16)

Por otro lado, para impedir la sobrecarga del motor eléctrico y para proteger la bomba y otros componentes contra una presión excesiva, debida a sobrecargas o bloqueo, se monta una válvula de seguridad para limitar la presión máxima del sistema en la línea, entre la salida de la bomba y la entrada de la válvula direccional. Un depósito dimensionado para contener aproximadamente de 2 a 3 veces la capacidad de la bomba en galones por minuto y tuberías de interconexión adecuadas completarán el sistema.

5.3.4 Consideraciones prácticas en el dimensionamiento del sistema hidráulico

Es importante mencionar, que, para el diseño de un sistema hidráulico, conviene tener en cuenta una serie de pasos a seguir adecuados al tipo de diseño, que cubra con las necesidades específicas de cada diseño por lo cual, a nivel general se recomienda lo siguiente, según Chalaca (2019):

- Utilizar un factor de seguridad adecuado: Se recomienda utilizar un factor de seguridad de 1.5 a 2 para el caudal, la presión y la potencia del sistema.
- Considerar las pérdidas de carga: Se debe tener en cuenta las pérdidas de carga en las tuberías, válvulas y otros componentes del sistema.
- Seleccionar una bomba adecuada: La bomba debe tener un caudal y una presión mayor o igual a los requisitos del sistema.
- Utilizar tuberías de un tamaño adecuado: Las tuberías deben tener un tamaño adecuado para minimizar las pérdidas de carga.

- Utilizar válvulas de alta calidad: Las válvulas deben ser de alta calidad para evitar fugas y garantizar un buen control del flujo.
- Incluir un filtro en el sistema: Se debe incluir un filtro en el sistema para proteger los componentes del sistema de la contaminación.
- Realizar un análisis de mantenimiento: Se debe realizar un análisis de mantenimiento para determinar los intervalos de mantenimiento y las tareas a realizar.

5.3.5 Estudio de caso de dimensionamiento del sistema hidráulico (Ejercicio práctico modelo en una excavadora frontal)

Paso 1. Cuantificar la potencia de salida del actuador hidráulico

Para la potencia de salida del actuador hidráulico se realiza los siguiente:

Dimensionamiento de los cilindros hidráulicos:

El diámetro del émbolo del cilindro debe ser suficiente para generar la fuerza necesaria para mover el material. La fuerza necesaria se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$F = P * A$$

Donde:

- F: Fuerza del cilindro (N)
- P: Presión de la bomba (Pa)
- A: Área del émbolo del cilindro (m²)

La carrera del cilindro debe ser suficiente para alcanzar la altura y profundidad de excavación deseadas.

Paso 2. Identificación de requisitos de presión y tamaño del actuador hidráulico

La presión y tamaño del actuador hidráulico, dependerá del dimensionamiento y requerimientos del sistema hidráulico. Sin embargo, la carrera del cilindro debe determinarse en función de la altura y profundidad de excavación que se desea alcanzar.

Paso 3. Identificación de requisitos de flujo

Para realizar esta identificación se procede de la siguiente manera:

1. Definición de las funciones del sistema:

- Movimientos del brazo: Elevación, descenso, giro.
- Movimientos del cucharón: Apertura, cierre, giro.
- Fuerzas de excavación: Fuerza máxima de excavación, fuerza de retención.
- Velocidad de operación: Velocidad máxima de movimiento del brazo y del cucharón.

2. Cálculo del caudal necesario para cada función:

- Cilindros hidráulicos: Utilizar la fórmula $Q = V * A$, donde:
 - Q: Caudal (m^3/s)
 - V: Velocidad del cilindro (m/s)
 - A: Área del émbolo del cilindro (m^2)
- Multiplicadores de caudal: Considerar la simultaneidad de movimientos y las pérdidas de caudal en el sistema.

3. Cálculo del caudal total necesario:

- Sumar los caudales necesarios para cada función.
- Añadir un margen de seguridad (10-20%) para cubrir necesidades futuras.

4. Resumen de requisitos de flujo:

- Caudal total necesario para el sistema
- Caudal máximo para cada función
- Presión máxima del sistema

Paso 4. Dimensionamiento de la bomba hidráulica

Para los cálculos de la bomba hidráulica se realiza según lo siguiente:

Dimensionamiento de la bomba:

El caudal de la bomba debe ser suficiente para satisfacer las necesidades de los cilindros hidráulicos. El caudal necesario se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V * A * n$$

Donde:

- Q: Caudal de la bomba (m³/s)
- V: Velocidad del cilindro (m/s)
- A: Área del émbolo del cilindro (m²)
- n: Número de cilindros

La presión de la bomba debe ser suficiente para superar la fuerza de resistencia del material que se está excavando. La presión necesaria se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$P = F / A$$

Donde:

- P: Presión de la bomba (Pa)
- F: Fuerza de resistencia del material (N)
- A: Área del émbolo del cilindro (m²)

Paso 5. Cálculo de potencia de entrada del cilindro y la eficiencia del cilindro

La potencia de entrada del cilindro (Pi) se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$P_i = F \cdot V$$

Donde:

- Pi: Potencia de entrada del cilindro (W)
- F: Fuerza aplicada por el cilindro (N)
- V: Velocidad del cilindro (m/s)

Paso 6. Análisis de distribución de flujo

En este punto, se deben definir los siguientes ítems:

- Diagrama esquemático del sistema hidráulico.
- Puntos de entrada y salida del flujo.
- Condiciones de contorno (presión y caudal en puntos de entrada y salida).

Paso 7. Dimensionamiento de conductores hidráulicos y cálculos de pérdidas de línea

1. Cálculo del caudal:

- $Q = A \cdot V$

- Q: Caudal (m^3/s)
- A: Área de la sección transversal del conductor (m^2)
- V: Velocidad del fluido (m/s)

2. Cálculo del área de la sección transversal:

- $A = \pi * (d/2)^2$
 - d: Diámetro del conductor (m)

3. Cálculo de la velocidad del fluido:

- $V = Q / A$

4. Cálculo de la pérdida de carga por fricción:

- $h_f = f * (L/D) * (V^2/2g)$
 - h_f : Pérdida de carga por fricción (m)
 - f: Factor de fricción
 - L: Longitud del conductor (m)
 - D: Diámetro del conductor (m)
 - g: Gravedad (9.81 m/s^2)

5. Cálculo de la pérdida de carga total:

- $h_t = h_f + h_e$
 - h_t : Pérdida de carga total (m)
 - h_e : Pérdidas de carga singulares (entradas, salidas, codos, etc.)

6. Cálculo de la presión requerida:

- $P = \rho * g * h_t$

- P: Presión requerida (Pa)
- ρ : Densidad del fluido (kg/m^3)

Paso 8. Cálculos de tamaño y pérdidas de válvulas

Las válvulas se seleccionarán en función del caudal y la presión del sistema. Se recomienda consultar con un proveedor de válvulas hidráulicas para seleccionar las válvulas adecuadas.

Paso 9. Cuantificar la potencia de salida de la bomba *Cuantificar la potencia de salida de la bomba en un sistema hidráulico:*

1. Fórmula:

- Potencia de salida de la bomba (P_b) = Caudal (Q) * Presión (P) / Eficiencia (η)

2. Cálculo del caudal:

- $Q = A * V$
 - Q: Caudal (m^3/s)
 - A: Área del émbolo del cilindro (m^2)
 - V: Velocidad del cilindro (m/s)

3. Cálculo de la presión:

- $P = F / A$
 - P: Presión (Pa)
 - F: Fuerza aplicada por el cilindro (N)
 - A: Área del émbolo del cilindro (m^2)

4. Cálculo de la eficiencia:

- $\eta = 0.8 - 0.9$ (valor típico para bombas hidráulicas)

Paso 10. Dimensionamiento del actuador rotario

1. Cálculo del par de torsión teórico:

- $T_{th} = (P * A) / 2$
 - T_{th} : Par de torsión teórico (Nm)
 - P : Presión de trabajo del sistema hidráulico (Pa)
 - A : Área del émbolo del actuador (m²)

2. Cálculo del área del émbolo:

- $A = T_{req} / (P * \eta)$
 - T_{req} : Par de torsión requerido (Nm)
 - η : Eficiencia del actuador

3. Selección del actuador:

- Seleccionar un actuador con un par de torsión nominal mayor o igual al par de torsión requerido.
- Considerar la velocidad de rotación y el rango de rotación requeridos.
- Verificar que el actuador sea compatible con la presión de trabajo del sistema hidráulico.

4. Cálculo del caudal necesario:

- $Q = V * A$
 - Q : Caudal necesario (m³/s)
 - V : Velocidad de rotación deseada (rad/s)
 - A : Área del émbolo del actuador (m²)

5. Selección de la bomba:

- Seleccionar una bomba con un caudal mayor o igual al caudal necesario.

Conclusiones

La oleohidráulica es una tecnología poderosa que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones. A través de fluidos incompresibles confinados, como el aceite mineral, se transmite la presión para generar movimiento con fuerza. Los sistemas oleohidráulicos permiten transmitir gran potencia y son ideales para trabajos que requieren altos niveles de fuerza o giro.

Es una tecnología que utiliza el fluido hidráulico como medio para transmitir potencia y movimiento. Hemos aprendido sobre los principios básicos de la hidráulica, los componentes que conforman los sistemas hidráulicos y las aplicaciones en las que se utiliza esta tecnología.

La oleohidráulica ofrece una serie de ventajas sobre otros sistemas de transmisión de potencia, como su alta densidad de potencia, su capacidad para trabajar en entornos hostiles y su facilidad de control. Sin embargo, también presenta algunos desafíos, como la necesidad de un mantenimiento regular y la sensibilidad a las fugas.

Este tipo de tecnologías son cada vez más versátiles, sobre todo en el uso de las diversas tecnologías que día a día pasan a formar parte de este tipo de ciencias, que si bien es cierto fue diseñada para trabajos de gran envergadura, se está actualizando constantemente.

En el desarrollo de este libro, se pudo visualizar como los diferentes componentes de la oleohidraulica forman un todo para dar soluciones a las industrias.

Bibliografía

- Aedo, G. (2019). *Manual de Oleohidráulica Industrial*. Barcelona: Editorial Blume. Recuperado el 15 de Marzo de 2024, de https://www.academia.edu/17351410/manual_de_oleohidraulica
- Avelar Miranda, J., Aguirre Chavez, J., Suarez, I., Ambriz López, L., Hernández del Río, A., Hernández Haro, J. E., . . . Velázquez Pérez, D. (Junio de 2020). *Universidad de Guadalajara Centro Universitario de la Costa Sur*. Recuperado el 11 de Marzo de 2024, de http://www.cucsur.udg.mx/sites/default/files/manual_electro_neumatica.pdf
- Barrera Manrique, J., & Llanos Salguero, B. (2021). *Diseño de un banco de pruebas de bombas de desplazamiento positivo en la compañía nacional de chocolates Planta Bogotá*. Bogotá D.C: Trabajo de grado para optar por el título de Tecnólogo Mecánico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 12 de Marzo de 2024, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26638/SalgueroLlanosBrayan.%20BarreraManriqueJuanCamilo%202021.pdf?sequence=5>
- Castillo, M. (Agosto de 2019). *Mario Castillo Componentes Oleohidráulicos*. Recuperado el 12 de Marzo de 2024, de <https://castilloehijos.cl/wp-content/uploads/2021/manual-del-estudiante-hidraulico.pdf>
- Chalaca Vallejo, B. (2019). *Manual de Procedimientos Técnicos para la intervención de Equipos Hidráulicos*. Universidad de

Antioquia. Recuperado el 12 de Marzo de 2024, de <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26200/3/Anexo.pdf>

Chicaiza Gallo, K. J., & Villarroel Gallardo, H. P. (2023). *Diseño y construcción de un sistema hidráulico para una máquina de pruebas para conexiones metálicas viga-columna*. Ambato: Proyecto Técnico previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 12 de Marzo de 2024, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37667/1/Tesis%20I.M.%20746%20-%20Chicaiza%20Gallo%20Kevin%20Joel%20-%20Villarroel%20Gallardo%20Henry%20Paul.pdf>

Chuchuca Ajila, K., & Rodas Jadan, E. M. (2020). *Diagnostico del fluido hidraulico de la maquinaria pesada utilizada por el ministerio de transporte y obras publicas del Azuay, mediante el conteo de particulas, para determinar su estado*. Cuenca: Trabajo de Titulacion previo a la obtencion del titulo de ingeniero automotriz de la Universidad Politecnica Salesiana. Recuperado el 15 de Marzo de 2024, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19421/1/UPS-CT008870.pdf>

Chuquín Vasco, N., Chuquín Vasco, J., & Chuquín Vasco, D. (2020). *Hidráulica en Tuberías y Accesorios (Válvulas Industriales): Pérdidas, Casos reales de Aplicación y Selección de Bombas Centrífugas* (1ra edición ed.). Guayaquil: CIDE Editorial. Recuperado el 15 de marzo de 2024, de <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2022-11-07-135357->

LIBRO%20HIDRAULICA%20EN%20TUBERIAS%20Y%20ACCESORIOS.pdf

Colegio Padre Pedro Arrupe. (Marzo de 2020). *Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica*. Recuperado el 3 de Abril de 2024, de <http://colegioarrupe.cl/wp-content/uploads/2020/03/NEUMATICA-N%C2%B02.pdf>

Cortés Salazar, F., & Nieves Hernández., J. (2019). *Selección de equipo de bombeo para un sistema de suministro de agua*. Recuperado el 12 de Marzo de 2024, de https://www.academia.edu/25709282/Clasificaci%C3%B3n_de_bombas_hidraulicas

Escuela Politécnica Nacional. (17 de Noviembre de 2020). *Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 9 de Marzo de 2024, de Escuela Politécnica Nacional: https://lacbal.epn.edu.ec/images/Recursos/Aceites_hidraulicos.pdf

Giordani, C., & Leone, D. (2015). *Ingeniería Civil*. Universidad Tecnológica Nacional. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Ingenier%C3%ADa%20Civil\(1\).pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Ingenier%C3%ADa%20Civil(1).pdf)

González González, M. R. (2022). *Guía Práctica sobre Hidraulica*. Universidad Rural de Guatemala. Recuperado el 10 de Marzo de 2024, de <https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2022/02/7.-MANUAL-HIDRAULICA-2022.pdf>

Hernández, S., Pineda, E., Rúa, E., Mancipe, J., & Torres, E. (2022). *Fundamentos y aplicaciones de los motores hidráulicos*.

Researchgate. Obtenido de
https://www.researchgate.net/profile/Edwin-Rua-Ramirez/publication/343889314_FUNDAMENTOS_Y_APLICACIONES_DE_LOS_MOTORES_HIDRAULICOS/links/6033b928a6fdcc37a844f622/FUNDAMENTOS-Y-APLICACIONES-DE-LOS-MOTORES-HIDRAULICOS

Improne. (2020). *Improne*. Recuperado el 3 de Abril de 2024, de Improne:
<https://estaticos.qdq.com/swdata/files/409/409972659/Multiplicadores-de-presion.pdf>

Intendencia Montevideo. (2019). *Intendencia de Montevideo*. Recuperado el 14 de Marzo de 2024, de Intendencia de Montevideo:
<https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/Oleohidraulica.pdf>

Jimenez, I. (2023). Sistema Hidraulico. *Academia*. Recuperado el 9 de Marzo de 2024, de
https://www.academia.edu/20230328/Sistema_hidraulico

Maldonado, A. (2023). *Estudio y diseño de un cilindro hidráulico para uso naval*. Trabajo de fin de grado para optar al título de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, Universidad de Málaga. Obtenido de
https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/26471/tfg_Maldonado_Monta%C3%B1ez_Adolfo-5582.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Munive, J. (2020). *Trabajo de investigación acerca de sistemas de inyección de zamak en cámara caliente para la manufactura a alta presión de piezas de reguladores de flujo de gas de 300 gr*

de masa para una producción de 1200 unidades por jornada laboral. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18492>

Pedroza González, E. (2018). *Hidráulica básica. Historia, conceptos previos y ecuaciones* (Primera edición: 2018 ed.). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado el 12 de Marzo de 2024, de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/hidraulica/Libro-hidraulica-basica.pdf

Pérez Pupo, J., & Navarro Ojeda, M. (2020). *Oleohidráulica 1*. Riobamba: Aval ESPOCH. Recuperado el 10 de Marzo de 2024, de <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2020-10-15-201036-Oleohidr%C3%A1ulica%201%20final.pdf>

Puon Castillejos, J. (2012). *Diseño e instalación de prensa hidráulica para la extracción de aceite de palma africana a partir del raquis de la empresa extractora Zitihualt, S.P.R de R.L.* Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Obtenido de <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/1200>

Ramírez, J. (2021). *Diseño de un sistema oleohidráulico en una embarcación pesquera para una capacidad de 100 toneladas métricas de bodega.* Perú: Universidad Nacional del Callao. Obtenido de https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6439/TSP_PREGRADO_RAMIREZ_FIME_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Renedo, C., & Ortiz, F. (2020). *Universidad de Cantabria*. Recuperado el 13 de Marzo de 2024, de Universidad de Cantabria: <https://personales.unican.es/ortizff/NPdf/T13%20Actuadores%20Neumaticos.pdf>

Rojas Aguirre, R. (2020). *Principios Básicos de Hidráulica*. Recuperado el 9 de marzo de 2024, de https://www.academia.edu/25131372/Principios_B%C3%A1sicos_de_Hidr%C3%A1ulica

Ruales Añazco, A. (2021). Introducción a los Sistemas Hidráulicos. *CITED*, 2(2). Recuperado el 9 de Marzo de 2024, de https://www.researchgate.net/publication/350735315_Introduccion_a_los_Sistemas_Hidraulicos_una_Revision_Sistematica_de_la_Literatura_Introduction_to_Hydraulic_Systems_a_Systematic_Review_of_the_Literature/link/606f49484585150fe993a538/download?_tp=eyJjb25

Universidad Tecnológica de Pereira, UTP. (2019). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Recuperado el 12 de Marzo de 2024, de <https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/51aaf744-ea91-4413-a0ba-3c2a2fa4afd0/download>

Vejar Molina, G. (Agosto de 2020). *Industrial Temuco*. Recuperado el 11 de Marzo de 2024, de Industrial Temuco: https://industrialtemuco.cl/wp-content/uploads/2020/08/100820_OLHIDRA_G4_4A_PPT-Anexo.pdf

ISBN: 978-9942-48-040-8



9 789942 480408

