



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA CONEXIONES METÁLICAS VIGA-COLUMNA”.

AUTORES: Kevin Joel Chicaiza Gallo

Henry Paul Villarroel Gallardo

TUTOR: Ing. José Luis Yunapanta Velastegui, MSc

AMBATO – ECUADOR

Marzo - 2023

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA CONEXIONES METÁLICAS VIGA-COLUMNA”**, elaborado por el Sr. **Kevin Joel Chicaiza Gallo**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0550502009 y el Sr. **Henry Paul Villarroel Gallardo**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0504039454, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de los autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023



Ing. José Luis Yunapanta Velastegui, MSc

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Kevin Joel Chicaiza Gallo**, con C.I. 0550502009 y **Henry Paul Villarroel Gallardo**, con C.I. 0504039454, declaramos que todas las actividades y contenido expuesto en el presente Proyecto Técnico, con el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA CONEXIONES METÁLICAS VIGA-COLUMNA**”, así como también tablas, gráficos, diseño, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Kevin Joel Chicaiza Gallo

C.I. 0550502009

AUTOR



Henry Paul Villarroel Gallardo

C.I. 0504039454

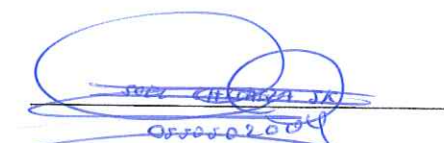
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los derechos en línea patrimonial de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, marzo 2023



Kevin Joel Chicaiza Gallo

C.I. 0550502009



Henry Paul Villarroel Gallardo

C.I. 050403945

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Kevin Joel Chicaiza Gallo y Henry Paul Villarroel Gallardo de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA CONEXIONES METÁLICAS VIGA-COLUMNA**”.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Francisco Agustín Peña Jordán
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Santiago Pál Cabrera Anda
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi Dios y la Virgen del Cisne por dar todas sus bendiciones y guiar mi camino.

A mi madre Martha Gallo por darme todo su apoyo en esta trayectoria académica, por siempre estar conmigo, por enseñarme que todo en esta vida es posible, que con esfuerzo y perseverancia todo lo que se propone se puede lograr.

A mis hermanos Robinson, Jessica (Alan), Elizabeth y Estefanía por su apoyo incondicional en mis días difíciles y por estar siempre pendiente de mí.

A mi abuelito Julio Gallo que desde el cielo siempre estuvo conmigo apoyándome y guiándome mi camino y a mi abuelita María que me apoya día tras día en estos momentos.

A mi novia Evelin por apoyarme en esta fase final y por siempre estar conmigo.

A mi prima de corazón Mery y Jasito que me han dado todo su apoyo, sus consejos y por estar siempre conmigo.

Joel Chicaiza

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres Luis y Ercilia porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, aunque a veces muy enojones, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis hermanas Rosio y María que más que hermanas son verdaderas amigas que me apoyaron cuando toque fondo y ya no sabía qué hacer con mi vida.

A toda mi familia que es lo mejor y más valiosos que DIOS me ha dado.

Henry Villarroel

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto va dedicado especialmente a mi madre Martha Gallo la que ha estado conmigo en los buenos y malos momentos, a mis hermanas y hermano, a mis amigos de clase, a mi amigo Alex Flores y a todas las personas que me han apoyado de una u otra manera, a mi Dios por darme salud y vida.

Joel Chicaiza

AGRADECIMIENTO

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mi caminaron en todo momento y siempre fueron mi inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial para DIOS, mis padres, mis hermanas y como también aquella persona que estuvo conmigo por muy poco tiempo, pero me enseñó a experimentar nuevos sentimientos y emociones, como también aprendí de ella a cómo superarse dentro de miles de problemas y seguir adelante, quiero que sepa que siempre va a tener a una persona que estará lista para ayudarlo en cualquier problema que se le presente.

Henry Villarroel

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xix
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Tema del trabajo técnico	1
1.2 Antecedentes	1
1.3. Fundamentos de la hidráulica.....	4
1.3.1. Hidráulica.....	4
1.3.2. Oleohidráulica	4
1.4. Principios básicos.....	5
1.4.1. Fluido	5
1.4.2. Caudal	5
1.4.3. Presión.....	5
1.4.4. Potencia de la bomba	6
1.5. Propiedades de fluidos hidráulicos.....	6
1.5.1. Viscosidad.....	6
1.5.2. Tensión superficial	6
1.5.3. Densidad o masa específica	6

1.5.4. Peso específico	7
1.6. Sistemas hidráulicos.....	7
1.6.1. Componentes básicos de un sistema hidráulico	8
1.6.1.1. Depósito (Tanque de almacenamiento).....	8
1.6.1.2. Bomba hidráulica	9
1.6.1.2.1. Tipos de bombas hidráulicas	9
1.6.1.3. Válvulas hidráulicas	10
1.6.1.3.1. Tipos de válvulas.....	10
1.6.1.4. Actuador (Cilindro Hidráulico).....	17
1.6.1.4.1. Tipos de actuadores	19
1.6.1.5. Manómetros	20
1.6.1.6. Fluidos hidráulicos	21
1.6.1.7. Filtros	22
1.7. Componentes principales de un cilindro hidráulico.....	23
1.8. Material estructural del que se compone un cilindro	23
1.8.1. Carcasa del cilindro hidráulico.....	23
1.9. Símbolos normalizados para elementos hidráulicos	24
1.10. Sistema de control	24
1.10.1. Los componentes básicos de un sistema de control.....	25
1.10.2. Control Lógico programable (PLC).....	26
1.10. Objetivos	27
1.10.1. Objetivo general	27
1.10.2. Objetivos específicos	27
CAPÍTULO II	28
2. METODOLOGÍA	28
2.1 Metodología aplicada para el diseño y construcción	28
2.2.1. Alcance.....	28

2.2.2. Limitaciones	28
2.2.3. Diseño de la investigación	28
2.2.4. Factores para la selección de los componentes	28
2.2.4.1. Factor técnico	29
2.2.4.2. Factor económico	29
2.2.4.3. Factor complementario.....	29
2.2.5. Requisitos técnicos.....	29
2.2. Métodos de investigación.....	29
2.2.1. Investigación Numérica	29
2.2.2. Investigación Bibliográfica	30
2.3. Software para el diseño de la máquina.....	30
2.3.1. Software especializado.....	30
2.4. Cálculos.....	31
2.4.1 Cálculo de la fuerza del actuador hidráulico.....	32
2.4.2. Cálculos de la velocidad del actuador	36
2.4.3. Cálculos del caudal de la bomba.....	37
2.4.4. Cálculo de potencia.....	37
2.4.4.1. Potencia de la bomba	38
2.4.4.1. Potencia del motor	38
2.4.5. Cálculo de la válvula de alivio	39
2.4.6. Selección de tuberías.....	39
2.4.6.1. Cálculo para la selección de tubería.....	40
2.4.6.1.1. Selección de la tubería de succión	40
2.4.6.1.2. Selección de la tubería de presión y retorno	41
2.4.6.1.3. Selección gráfica de la tubería	43
2.4.6.2. Selección de la tubería para el sistema.....	43
2.4.7. Diseño del depósito del sistema hidráulico.....	44

2.4.8. Selección del aceite hidráulico.....	45
2.4.9.1 Cálculo del torque nominal	47
2.4.9.2 Cálculo del torque de diseño	48
2.4.9.3 Material del que se forma el matrimonio	49
2.4.9.4. Matrimonio seleccionado	49
2.5. Elementos hidráulicos de un nuevo sistema	51
2.5.1. Bomba hidráulica	51
2.5.2. Motor hidráulico.....	52
2.5.3. Filtro de succión.....	53
2.5.4. Sub placa cetop 3	54
2.5.5. Válvula alivio cetop	54
2.5.6. Electroválvula	57
2.5.7. Manómetro	58
2.5.8. Filtro de retorno.....	59
2.5.9. Base de filtro	60
2.5.10. Tanque reservorio.....	60
2.5.11. Tapa filtro.....	62
2.5.12. Visor de nivel	62
2.5.13. Acoples y mangueras	63
2.5.14. Cilindro hidráulico	64
2.6. Selección del PLC	65
2.6.1. Programación del PLC	66
CAPÍTULO III.....	67
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.1. Montaje de la unidad hidráulica.....	67
3.2. Características técnicas de los componentes de la nueva unidad hidráulica.....	67
3.3. Montaje del tablero del control automático	71

3.3.1. Características técnicas de los componentes del tablero de control.....	72
3.3.2. Consideraciones eléctricas	75
3.4. Pruebas de funcionamiento	76
3.6. Manual de uso	78
3.7. Manual de advertencias.....	79
3.8. Tabla de posibles problemas en los compontes del sistema hidráulico	80
3.9. Mantenimiento de la unidad hidráulica.....	82
3.9.1. En el tanque de almacenamiento y el aceite hidráulico	82
3.9.2. En las conexiones y mangueras hidráulicas	82
3.9.3. En los filtros de succión y retorno del sistema.....	83
3.9.4. En el motor eléctrico trifásico	83
3.9.5. En la válvula de alivio.....	83
3.10. Análisis de costos del proyecto	83
3.10.1. Costos directos	84
3.10.1.1. Costo de materia prima (componentes)	84
3.10.1.2. Costo de mano de obra.....	86
3.10.1.3. Costo de maquinado	86
3.10.1.4. Costo directo total	87
3.9.2. Costos indirectos	87
3.10.2.1. Costo imprevisto	87
3.10.2.2. Costo de materiales indirectos	87
3.10.2.3. Costo de ingeniería.....	88
3.10.2.4. Costo indirecto total	89
3.11. Costo total de la construcción de la unidad hidráulica y control	89
CAPÍTULO IV.....	90
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
4.1. Conclusiones	90

4.2. Recomendaciones.....	91
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
6. ANEXOS	96
ANEXO 01. Símbolos normalizados para elementos hidráulicos según ISO 12191 y 12192.....	96
ANEXO 02: Catálogo del motor hidráulico SIEMENS.	96
ANEXO 03: Catálogo del filtro de succión de HYDROMECÁNICA del Ecuador S.A.....	98
ANEXO 04: Catálogo de Sub placa cetop 3 de HYDROMECÁNICA del Ecuador S.A.....	99
ANEXO 05: Catálogo de la válvula de alivio de STEED HYDRAILIC TECHNOLOGY de Guatemala.	100
ANEXO 06: Catálogo TUCSON HYDROCONTROLS de la selección de la electroválvula tanden 220V HN BHW6G R220L.	102
ANEXO 07: Catálogo del manómetro de HYDROMECÁNICA del Ecuador S.A.	104
ANEXO 08: Catálogo del filtro de retorno de HYDROMECÁNICA del Ecuador S.A.....	105
ANEXO 09: Catálogo de la base de filtro de HYDROMECÁNICA del Ecuador S.A.	106
ANEXO 10: Catálogo de la tapa filtro de HYDROMECÁNICA del Ecuador S.A.	107
ANEXO 11: Catálogo del visor de nivel de HYDROMECÁNICA del Ecuador S.A.	108
ANEXO 12: Catálogo de mangueras hidráulicas de GOODYEAR S.A.	109
ANEXO 13: Planos de ensamble de la unidad hidráulica y construcción del tanque de almacenamiento.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes básicos de un sistema hidráulico	8
Figura 2. Tanque de almacenamiento del fluido hidráulico.....	9
Figura 3. Bomba de paletas.....	10
Figura 4. Rendimiento de una bomba hidrostática	10
Figura 5. Componentes de una válvula corredera.....	11
Figura 6. Válvula limitadora de presión de acción directa	13
Figura 7. Estructura de una válvula reductora de presión de 3 vías.....	13
Figura 8. Válvula antirretorno de una tubería	14
Figura 9. Estructura de una válvula antirretorno desbloqueable.....	15
Figura 10. Diseño de una válvula estranguladora	16
Figura 11. Válvula antirretorno ajustable	16
Figura 12. Estructura básica de una válvula reguladora de caudal	17
Figura 13. Estructura de un cilindro hidráulico	18
Figura 14. Funcionamiento de un cilindro de doble acción	19
Figura 15. Cilindró simple efecto	19
Figura 16. Cilindro diferencial	20
Figura 17. Cilindro telescópico de simple efecto.....	20
Figura 18. Manómetro	21
Figura 19. Partes principales de un actuador	23
Figura 20. Componentes básicos de un sistema de control automático.....	25
Figura 21. Diagrama de bloques de la arquitectura de un PLC	27
Figura 22. Esquema de la máquina de ensayos viga-columna.....	30
Figura 23. Diagrama de flujo de procesos del diseño y construcción de la unidad hidráulica.....	31
Figura 24. Desplazamiento del perfil IPE 100 a un ángulo de 0.04 rad.	32
Figura 25. Deformación del perfil IPE 100.....	33
Figura 26. Fuerza necesaria para deformar el perfil IPE 100.	33
Figura 27. Dimensiones del diámetro del vástago.	34
Figura 28. Ensayo de tracción.....	36
Figura 29. Diagrama Sankey sobre la pérdida promedio en sistemas hidráulicos....	37
Figura 30. Diseño final del sistema hidráulico.	39
Figura 31. Nomograma de la capacidad del caudal	43

Figura 32. Dimensionamiento del depósito	44
Figura 33. Viscosidad VS temperatura según ISO.	45
Figura 34. Lubricante Aceite Hidráulico ISO 68.....	46
Figura 35. Acople matrimonio L090-10769.	51
Figura 36. Bomba hidráulica de engranaje.	51
Figura 37. Representación esquemática de la bomba de engranajes	52
Figura 38. Motor hidráulico 3HP trifásico SIEMENS.....	52
Figura 39: Filtro de succión hidrolínea SC2-010.	53
Figura 40: Sub Placa cetop 3.	54
Figura 41. Válvula de alivio cetop serie MRV-02-P-320.	55
Figura 42: Esquema de la sección transversal de la válvula de alivio cetop serie MRV-02-P-320.	56
Figura 43. Electroválvula tanden 220V HN BHW6G R220L.	57
Figura 44. Manómetro con glicerina.	58
Figura 45. Filtro de retorno HN hydraulic 921999 (IFR4-04).....	59
Figura 46. Base para filtro SAF 07-IFR2 1-1/2 in.	60
Figura 47. Diseño y construcción del tanque de almacenamiento.....	61
Figura 48. Tapa Filtro desairadora TBA 05.....	62
Figura 49. Visor de Nivel 3 in LG2.	63
Figura 50. Mangueras hidráulicas SAE 100R12 de ½ in.....	64
Figura 51. Cilindro hidráulico HN hydraulic HCW 2.5x8”.....	64
Figura 52. Dimensiones del cilindro hidráulico 2.5x8”	64
Figura 53. PLC OMRON SYSMAC CPM1.	65
Figura 54. Programación para PLC (electroválvula).	66
Figura 55. Simulación del programa en el PLC.....	66
Figura 56. Unidad hidráulica preensamblada.	69
Figura 57. Unidad hidráulica preensamblada con el filtro de retorno y sub placa cetop 3.	70
Figura 58. Diseño y construcción del depósito de la unidad hidráulica.	70
Figura 59. Unidad hidráulica preensamblada con motor, bomba, filtro de succión y matrimonio.	71
Figura 60. Unidad hidráulica preensamblada con manómetro, visor de nivel, válvula de alivio, electroválvula, tapa filtro, mangueras hidráulicas y el cilindro.	71

Figura 61. Sistema de control preensamblada.	73
Figura 62. Sistema de control preensamblada con contactor, fuente, relay y PLC. .	73
Figura 63. Sistema de control preensamblada con todas las conexiones eléctricas..	74
Figura 64. Sistema de control puesto en marcha.	74
Figura 65. Sistema hidráulico para una máquina de pruebas para conexiones metálicas viga-columna (ensamble final).....	75
Figura 66. Pruebas de funcionamiento de la máquina.	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de válvulas por número de conexiones y número de posiciones.....	12
Tabla 2. Tipos de fluidos hidráulicos	21
Tabla 3. Grado ISO de viscosidad.....	22
Tabla 4. Parámetros generales de la viscosidad máxima	22
Tabla 5. Propiedades mecánicas del acero SAE 1045	24
Tabla 6. Dimensiones y pesos nominales del acero ASTM A53	24
Tabla 7. Ficha técnica de la máquina de ensayos WAW-600B	36
Tabla 8. Velocidades recomendadas para tuberías de sistemas hidráulicos	40
Tabla 9. Grados de viscosidad según ISO.....	46
Tabla 10. Características del Lubricante Aceite Hidráulico 68	47
Tabla 11. Factor de aplicación para la unión motor-bomba	48
Tabla 12. Selección del material del matrimonio según la temperatura	49
Tabla 13. Nomenclatura del matrimonio en función del torque de diseño y material	50
Tabla 14. Código del matrimonio.	50
Tabla 15. Características generales del PLC CPM1	65
Tabla 16. Características técnicas de los componentes de la nueva unidad hidráulica.	67
Tabla 17. Características técnicas de los componentes del tablero de control.....	72
Tabla 18. Norma AISC 341 conexiones de momento viga-columna.....	76
Tabla 19. Datos de la prueba 1 de funcionamiento.	77
Tabla 20. Datos de la prueba 2 de funcionamiento.	77
Tabla 21. Datos de la prueba 3 de funcionamiento.	77
Tabla 22. Manual de advertencias para el uso de la máquina.	79
Tabla 23. Posibles problemas en los componentes del sistema hidráulico.	80
Tabla 24. Costo de materia prima (compontes).	84
Tabla 25. Costo de mano de obra.	86
Tabla 26. Costo de maquinado.	86
Tabla 27. Costo directo total.	87
Tabla 28. Costo imprevisto.	87
Tabla 29. Costos de materiales indirectos.	88

Tabla 30. Costo de ingeniería.....	88
Tabla 31. Costo indirecto total.....	89
Tabla 32. Costo total de la construcción de la máquina.....	89

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en diseñar y construir una unidad hidráulica que permita realizar ensayos (AISC 341-16) de elementos estructurales viga-columna para garantizar la confiabilidad y seguridad de las edificaciones construidas. Esta máquina se diseñó para generar una presión máxima de 2700 PSI, con un fluido de especificación ISO 68, la función principal es generar un movimiento cíclico, simulando un sismo. Para el diseño del circuito hidráulico se utilizó un software especializado, al realizar este proceso se ejecutó una simulación, donde se pudo analizar el funcionamiento de la máquina, esta es controlada por medio de un PLC, mismo que nos permite dar tiempos exactos en los temporizadores dentro de la programación de entrada y salida del vástago, estos tiempos se programaron en base a los desplazamientos angulares que proporciona la norma. Los componentes que forman este sistema, han sido seleccionados de acuerdo a cálculos matemáticos realizados, además se ha optado por aquellos elementos que se encuentran en el mercado nacional, estos incluyen todas las especificaciones referidas por los fabricantes, entre los que destaca el manual SIEMENS que permite realizar la correcta instalación de motores eléctricos y el mantenimiento o cambio de equipos.

Finalizada la construcción de la unidad hidráulica, se realiza tres pruebas de funcionamiento, logrando calibrar los tiempos de entrada y salida del vástago de acuerdo a la norma AISC 341-16, con lo cual se obtienen los resultados esperados del trabajo de investigación.

Palabras Claves: Control numérico, Diseño de máquinas, Oleohidráulica, PLC, Viga-columna.

ABSTRACT

The present research work consists of designing and constructing a hydraulic unit to perform tests (AISC 341-16) of beam-column structural elements in order to guarantee the reliability and safety of the constructed buildings. This machine was designed to generate a maximum pressure of 2700 PSI, with an ISO 68 specification fluid, the main function is to generate a cyclic movement, simulating an earthquake. For the design of the hydraulic circuit was used a specialized software, to perform this process a simulation was executed, where it was possible to analyze the operation of the machine, this is controlled by a PLC, which allows us to give exact times in the timers within the programming of entry and exit of the rod, these times were programmed based on the angular displacements provided by the standard. The components that make up this system have been selected according to mathematical calculations, in addition we have opted for those elements that are found in the domestic market, these include all the specifications referred to by manufacturers, among which the SIEMENS manual that allows the correct installation of electric motors and the maintenance or replacement of equipment.

Once the construction of the hydraulic unit is finished, three operation tests are carried out, achieving the calibration of the inlet and outlet times of the piston rod according to the AISC 341-16 standard, with which the expected results of the research work are obtained.

Keywords: Numerical control, Machine design, Oleohydraulics, PLC, Beam-column.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Tema del trabajo técnico

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA UNA MÁQUINA DE PRUEBAS PARA CONEXIONES METÁLICAS VIGA-COLUMNA.

1.2 Antecedentes

En la actualidad, se ha observado un gran desarrollo tecnológico en los países de todo el mundo, como es el caso de Ecuador, en donde sus principales ciudades se van actualizando en la construcción de estructuras mixtas [1].

Luego del sismo del 16 de abril de 2016, en Pedernales, las construcciones de edificaciones en general resultaron defectuosas, por desconocimiento de las normas y reglamentos de construcción, ya sean nacionales o internacionales: NEC, AISC 341-16 y FEMA 350 [2].

Se ha visto la necesidad de ir implementando máquinas que permitan realizar pruebas, una de ellas es la conexión viga-columna, misma que posee un sistema hidráulico y de control, debido a sus funciones, es necesario realizar un nuevo diseño para mejorar sus características tanto mecánicas, físicas y de control numérico.

En 2009, Campaña [3] realizó el diseño de un sistema hidráulico alternativo para la reducción del impacto de la humedad en construcciones, donde se puede observar la construcción de un sistema hidráulico convencional y de carácter económico para solucionar el problema de humedad que sufren diferentes edificaciones.

En 2005, De la Cruz [4] publicó un artículo que se trataba sobre el diseño y construcción de un pistón hidráulico, obteniendo el conocimiento necesario para comprender el diseño, la selección de materiales y su construcción, así como su circuito de control, el ensamble de la bomba y los accesorios necesarios para el sistema, dicho sistema hidráulico está accionado por un fluido el que genera la fuerza necesaria para su movimiento.

En 2017, Muela [5] realizó el diseño y construcción de una prensa hidráulica para corrección de bordes de láminas metálicas, dentro de esta investigación se puede observar la importancia de la aplicación de la hidráulica, así como los pasos necesarios para un buen diseño y construcción de un sistema hidráulico eficiente, el cual es ocupado en la industria metalmeccánica.

En 2015, Apolinario[6] diseñó una prensa hidráulica de 100 toneladas para el conformado de láminas de fibrocemento de 1,2 x 0,5 m, de este trabajo de investigación se puede sustraer el cálculo de la fuerza y diseño del sistema hidráulico, mismo que genera una fuerza de 100 toneladas permitiéndole dar forma a las láminas con acabados ligeramente precisos.

El sistema de control es indispensable para el funcionamiento del sistema hidráulico, en 2020, Ccarita [7] realizó el diseño de una compuerta hidráulica con cierre automático de emergencia, mediante el uso de acumuladores hidráulicos para descarga de mineral del Ore Bin de 3000 Tn, Minera Barrick.

La compuerta hidráulica permite solucionar el problema de trabas, con una nueva abertura de descarga rectangular con 1.85 m x 1.75 m con una inclinación de 20°. Se empleó el diseño, según las normas VDI 2221 y VDI 2225 para la creación de la compuerta hidráulica automática de cierre de emergencia que utiliza acumuladores hidráulicos para la descarga de un tanque de 3000 Tn.

Según Hernández 2014 [8], en su libro de Hidráulica, pone en conocimiento las ecuaciones más factibles para el cálculo, como el principio de Arquímedes y el cálculo de presión en un cilindro hidráulico, lo que es de gran importancia para evitar errores y realizar un trabajo eficiente.

El sistema hidráulico tuvo su origen a fines del siglo XVIII, cuando Pascal formuló la ley que se convertiría en la base de toda la ciencia hidráulica, demostró que en un líquido estático la presión se transmite uniformemente en todas las direcciones, en otras palabras "la presión de un líquido cerrado actúa uniformemente en todas las direcciones y en ángulo recto con la superficie del recipiente" [9].

Los componentes principales del sistema hidráulico son: bomba, filtro, tanque de aceite, válvulas, actuadores y fluido hidráulico, todos estos elementos están conectados o interconectados por tuberías y tubos [10].

Un sistema hidráulico tiene muchas aplicaciones, sea en pequeñas o grandes industrias, así como en edificios, casas, departamentos, colegios, hospitales, gimnasios, plantaciones, fincas, jardines, instalaciones de riego, fabricación, robótica, equipos de construcción y todo tipo de instalaciones industriales.

Tomando en cuenta que un sistema hidráulico utiliza un fluido bajo presión, de tal forma que esta se convierte en la fuerza que va a soportar la viga en una conexión, esta viga posee características mecánicas, por ejemplo: el perfil más ocupado para construcciones de casas es el tipo IPE 100 [11].

Existen distintos tipos de sistemas hidráulicos, todos estos son construidos en base a la norma ISO 4413, que expone sobre las reglas generales y los requisitos de seguridad para los sistemas de transmisión hidráulica y los componentes utilizados en las máquinas que se definen en la cláusula 3.1 [12].

Para tener un mejor desempeño del sistema, se debe realizar la correcta operación de sus accesorios y componentes, a la vez de su sistema de control, el cual permite accionar eficientemente el sistema, obteniendo datos con errores bajos; debido a esto es necesario realizar un mantenimiento cada cierto periodo de tiempo [13], sea de tipo preventivo o correctivo dependiendo del estado del sistema, para lo cual es necesario la intervención de un ingeniero [2].

La finalidad del presente trabajo técnico de investigación, es diseñar un cilindro hidráulico con sus respectivos cálculos, simulando en software ANSYS, mismo que permite ingresar datos como la presión, fuerza y también el tipo de material con el que va a estar formado el sistema, dando paso a la selección de los componentes del mismo como; bomba, motor, cilindro hidráulico, válvulas y tanque de almacenamiento los cuales deben cumplir con los datos de diseño, tomando como referencia diferentes catálogos que se puede encontrar en la industria, así como su respectivo sistema de control que contiene componentes eléctricos tales como contactor, relay, fuente conmutada, PLC, pulsadores, entre otros, los que permite controlar la entrada y salida del actuador hidráulico que se ensambla a una estructura, dando como resultado la creación de una máquina de ensayos para conexiones viga-columna, para perfiles IPE 100 como máximo, tomando en consideración la norma AISC 341-16.

1.3. Fundamentos de la hidráulica

1.3.1. Hidráulica

La hidráulica, es la rama de la física encargada de estudiar el comportamiento y movimiento de los fluidos, el más utilizado en la actualidad para sistemas hidráulicos es el aceite [8].

En esta parte es necesario mencionar los siguientes conceptos para tener un conocimiento más específico.

1.3.2. Oleohidráulica

La oleohidráulica, es una de las ramas de la hidráulica, tomando en cuenta que “oleo” significa fluidos derivados del petróleo como, por ejemplo, los distintos tipos de aceites minerales, estos son sometidos a determinadas presiones, dependiendo a qué tipo de trabajo serán sus prestaciones [14]. Se puede decir que también la oleohidráulica es un tipo de medio de transmisión energética, que, al utilizar técnicas con los distintos tipos de aceites comprimidos, se genera la producción de movimientos por medio de líquidos a presión, estos son ayudados por los elementos eléctricos y electrónicos [14].

Ventajas

- Menor cantidad de piezas en movimiento como por ejemplo bombas, motores y cilindro.
- Fácil conversión de un movimiento giratorio en rectilíneo/lineal o viceversa [14].
- Fuerzas elevadas como para prensas hidráulicas.
- Movimientos muy suaves y con menor ruido.

Aplicaciones

- Sector textil en las máquinas de estampado de tejido.
- Sector agrícola en las máquinas agrícolas como tractores, cosechadoras, etc.
- Sector metalmecánico en las prensas, cizallas, etc.
- Maquinaria como ferrocarriles, grúas, automóviles, naves, aeronaves, etc.

Inconvenientes

- La manipulación de los fluidos (aceites).
- Los sistemas hidráulicos que generan alta presión requieren un mantenimiento riguroso [14].
- Los costos de los repuestos, partes o componentes del sistema son elevados.

1.4. Principios básicos

1.4.1. Fluido

Es una sustancia que cambia continuamente de forma (fluye) bajo la influencia de la tensión tangencial, por pequeña que sea; es decir que un fluido se puede encontrar en tres estados, sea sólido, líquido o gaseoso y se adaptan al recipiente en la cual se encuentra, a diferencia de los gases que no se adaptan a la forma del envase que lo contiene, este se expande de acuerdo al volumen disponible [8].

1.4.2. Caudal

El caudal, es la cantidad de fluido que circula a través de una sección, la que puede tener diferentes formas, todo esto por unidad de tiempo [15]. En general, su fórmula aplicable es la velocidad que circula el fluido por la sección en la que atraviesa y se define con la siguiente fórmula:

$$Q = v * A \quad (1)$$

1.4.3. Presión

El agua ejerce un empuje o presión (P) sobre la pared de la tubería o depósito que la contiene y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado - atmósferas - metros por columna de agua [14].

$$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Donde:

P: Presión

F: Fuerza

A: Área

1.4.4. Potencia de la bomba

Es la potencia necesaria para suministrar un caudal en un sistema, con la que se puede determinar el caballaje necesario para que funcione la unidad hidráulica [14]. La potencia se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_a = \frac{QP}{1714\eta} \quad (3)$$

Donde:

P_a : Potencia requerida (HP)

Q : Caudal (GPM)

P : Presión (PSI)

η : Eficiencia de la bomba

1.5. Propiedades de fluidos hidráulicos

1.5.1. Viscosidad

La viscosidad es una propiedad termo-física de los líquidos que resulta de las fuerzas cohesivas de sus moléculas, dando como resultado su resistencia al flujo que requiere esfuerzo o presión. Todos los fluidos conocidos tienen cierta viscosidad y el modelo de viscosidad cero es una aproximación lo suficientemente buena para ciertas aplicaciones [14], donde podemos decir que un fluido que posee una viscosidad con valor cero se llama fluido ideal.

1.5.2. Tensión superficial

La tensión superficial es la propiedad de la superficie de un líquido que le permite resistir una fuerza externa [8], por ejemplo, cuando ciertos insectos se colocan en la superficie del agua, y pueden flotar.

1.5.3. Densidad o masa específica

Es la relación de masa contenida en una unidad de volumen [8], se puede expresar con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

Donde:

ρ : Densidad

m : Masa

V : Volumen

1.5.4. Peso específico

El peso específico es la relación entre el peso y el volumen de una determinada sustancia, siendo:

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{m * g}{V} = \rho * g \quad (5)$$

Donde:

γ : Peso específico

V : Volumen

W : Peso de la sustancia

g : Gravedad

ρ : Densidad

1.6. Sistemas hidráulicos

El principio de Pascal, establece que la presión ejercida sobre un líquido contenido en un recipiente se transmite completamente a todos los puntos del líquido. La presión aplicada a los puntos del sistema se puede denominar sistema hidráulico, la cual transmite todo el líquido a través de las tuberías que conectan al componente ejerciendo presión [16], en la Figura 1 se puede observar los componentes básicos de un sistema hidráulico.

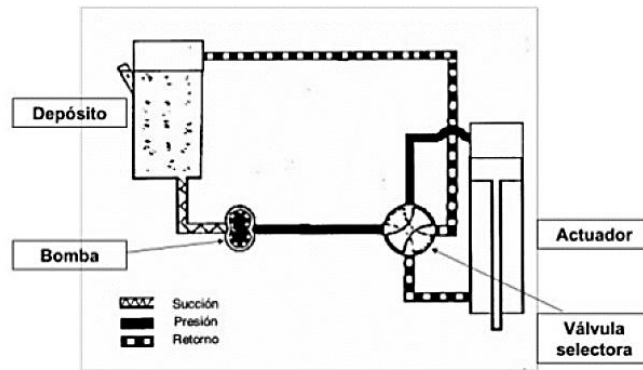


Figura 1. Componentes básicos de un sistema hidráulico [13].

- Bomba hidráulica
- Válvula selectora y actuadores
- Actuador hidráulico
- Depósito del fluido

1.6.1. Componentes básicos de un sistema hidráulico

Un sistema hidráulico está compuesto por diferentes elementos como:

1.6.1.1. Depósito (Tanque de almacenamiento)

Este depósito se caracteriza por contener el fluido hidráulico, es aquí en donde dicho fluido sale, cumple sus funciones y regresa al tanque; existen dos tipos de depósitos, el abierto y cerrado.

Depósito abierto: Estos son simples tanques abiertos con una presión atmosférica [5].

Depósito cerrado: Pueden ser aquellos que poseen presión o no. Los recipientes a presión funcionan como baterías o realizan su función normal, de hecho, pueden combinar ambas funciones [5].

Este componente sirve para almacenar el tipo de fluido que se va a utilizar para el sistema hidráulico, debe disponer de un espacio suficiente en el cual el aire puede separarse del fluido, a la vez el espacio amplio permite que el calor generado por el trabajo se disipe de una manera rápida, en la Figura 2 se puede observar el depósito del almacenamiento de un fluido [17].

Para seleccionar el tipo de tanque a utilizar para el sistema hidráulico se debe tomar en cuenta que los depósitos tienen una relación de 2 o 3 veces el caudal de dicha bomba

en unidades de litros/minuto [17], el tanque debe tener un respiradero al que también se le incorpora un filtro como se puede observar en la Figura 2, este componente elimina impurezas al llenar el aceite.

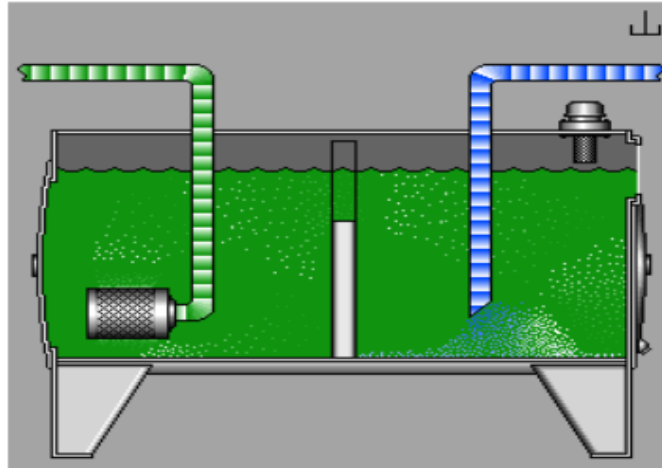


Figura 2. Tanque de almacenamiento del fluido hidráulico [17].

1.6.1.2. Bomba hidráulica

Las bombas hidráulicas son elementos diseñados para elevar un líquido por encima de un determinado nivel o para convertir energía mecánica en energía hidráulica [18], este proceso de transformación se realiza en dos etapas: aspiración y descarga.

1.6.1.2.1. Tipos de bombas hidráulicas

Las bombas hidráulicas se clasifican en dos tipos:

Hidrodinámicas: Estas bombas se utilizan a menudo para transportar líquidos, la energía añadida al líquido es cinética y normalmente funciona mediante una fuerza de rotación por la que 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 [18], como se puede observar en la Figura 3.

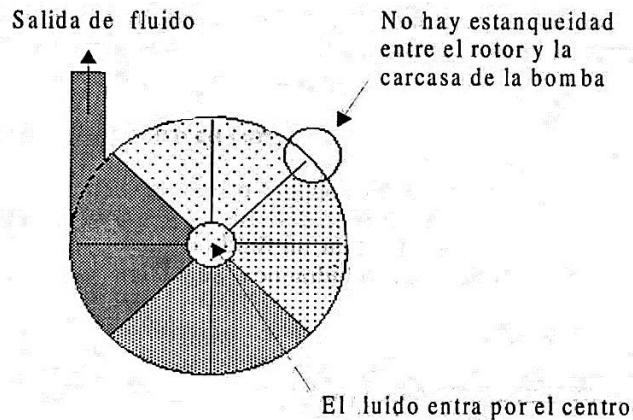


Figura 3. Bomba de paletas [18].

Hidrostáticas: Las bombas hidroestáticas o de alto desplazamiento son componentes diseñados para convertir la energía mecánica en energía hidráulica [18], en la Figura 4 se puede observar su rendimiento.

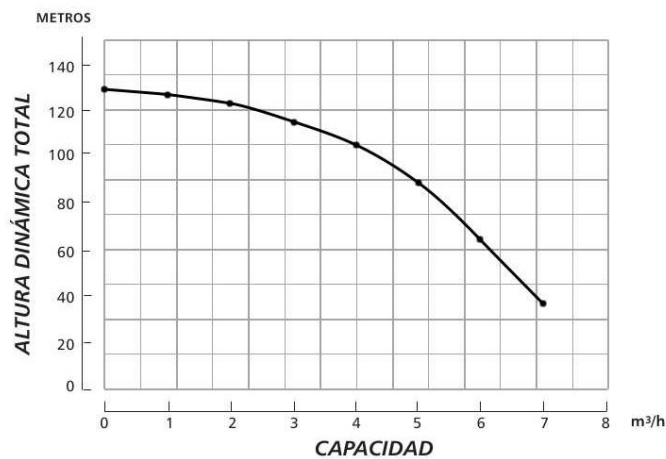


Figura 4. Rendimiento de una bomba hidroestática [18].

1.6.1.3. Válvulas hidráulicas

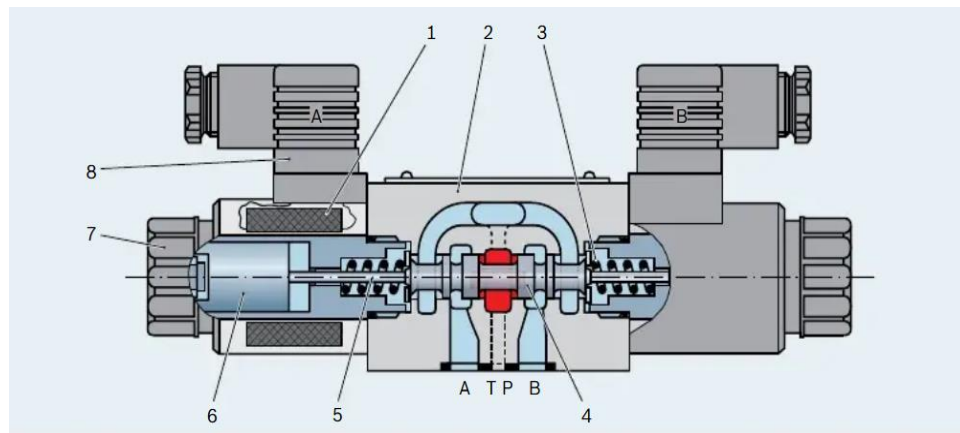
Las válvulas hidráulicas se caracterizan por regular el pase del fluido a través de la fuerza hidráulica de la red [14].

1.6.1.3.1. Tipos de válvulas

Válvulas direccionales

Las válvulas direccionales son componentes que controlan el arranque, la parada, la cantidad y la dirección del flujo del fluido hidráulico, se utilizan para crear conexiones de tuberías, abrir, cerrar o cambiar diferentes rutas de flujo [19].

Las válvulas direccionales se clasifican en válvula de corredera y de asiento, en la Figura 5 se puede observar los elementos que conforman la válvula de corredera.



- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1 Bobina del solenoide | 7 Tuerca |
| 2 Carcasa de la válvula | 8 Conexión eléctrica |
| 3 Resorte de retroceso | A, B Conexión de trabajo |
| 4 Pistón de mando | P Conexión de presión |
| 5 Empujador de accionamiento | T Conexión al tanque |
| 6 Inducido | |

Figura 5. Componentes de una válvula corredera [19].




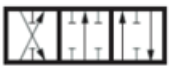
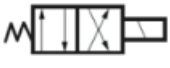
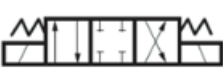

Válvulas de control de dirección

Las válvulas de control direccional dividen la dirección del flujo, es decir, se utilizan para iniciar, detener y controlar el movimiento de fluidos, el mecanismo de funcionamiento depende del tipo de válvula [5].

Es así, que, dependiendo del método de operación del elemento hidráulico, las válvulas de control direccional se pueden clasificar como disco, medio o corredera. 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.

Además, las válvulas de control se pueden clasificar por puerto en conexión, números de puerto o números de posición de acuerdo con la Tabla 1.

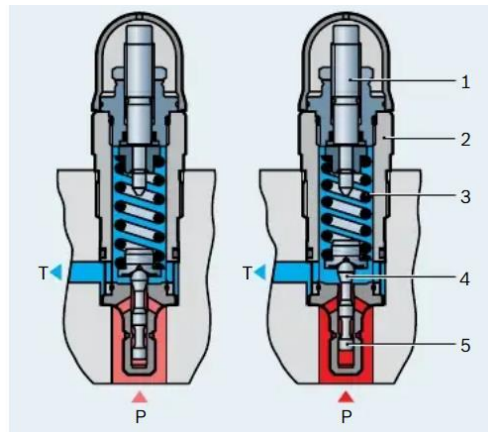
Tabla 1. Clasificación de válvulas por número de conexiones y número de posiciones [5].

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

Válvulas limitadoras de presión

Las válvulas de alivio de presión son componentes diseñados para limitar la presión en un sistema hidráulico o parte de él, se abren cuando se excede una presión predeterminada y desvían el exceso de flujo al depósito [19].

Cuando se usan como válvulas de presión máxima, las válvulas de alivio de presión se ubican en la línea de flujo secundaria y se cierran en modo de servicio normal. En la Figura 6 se puede observar el diseño básico de una válvula limitadora de presión.



- 1 Mecanismo de ajuste
- 2 Casquillo
- 3 Resorte de compresión
- 4 Elemento de cierre
- 5 Elemento amortiguador
- P Conexión de presión
- T Conexión al tanque

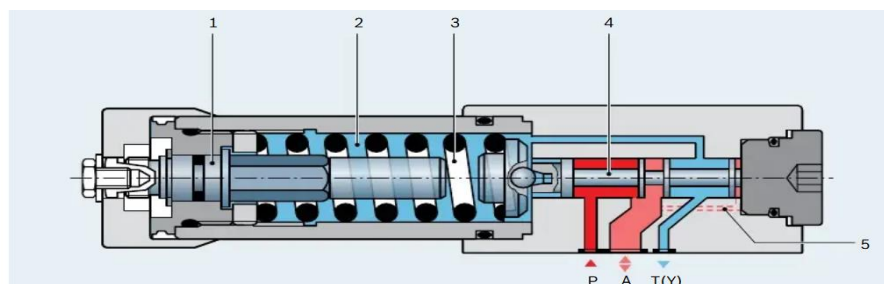
Figura 6. Válvula limitadora de presión de acción directa [19].

Válvulas reductoras de presión

Las válvulas reductoras de presión, también llamadas válvulas de alivio de presión, son componentes que reducen la presión de la parte aguas abajo del sistema hidráulico a un valor constante [19].

Las válvulas de alivio de presión se instalan entre el flujo principal de la instalación hidráulica, es decir, entre la bomba y el consumidor, son responsables de reducir el exceso de presión de entrada (presión primaria) a una presión de salida más baja (presión secundaria).

En la Figura 7 se puede observar la estructura básica de una válvula reductora de presión de 3 vías de accionamiento directo.



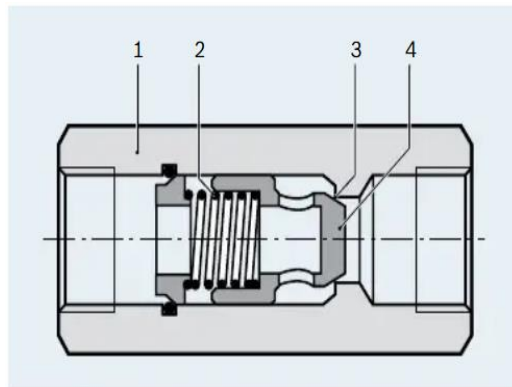
- 1 Mecanismo de ajuste
- 2 Cámara de resorte
- 3 Resorte de compresión
- 4 Pistón de mando
- 5 Conducto de mando
- A Conexión de trabajo
- P Conexión de presión
- T (Y) Conexión al tanque

Figura 7. Estructura de una válvula reductora de presión de 3 vías [19].

Válvulas antirretornos

También llamadas válvulas de retención, son partes de un circuito hidráulico cuya función es permitir el flujo en una dirección, pero bloquear automáticamente en la dirección opuesta [19].

Las válvulas de retención pertenecen al grupo de válvulas de bloqueo, suelen estar diseñados con el asiento para que cuando estén en posición de cerrado se bloquee el flujo y prácticamente no haya fugas. De esta forma, se puede separar un circuito hidráulico del otro sin que se produzcan fugas. En la Figura 8 se puede observar el diseño básico de una válvula antirretorno.7



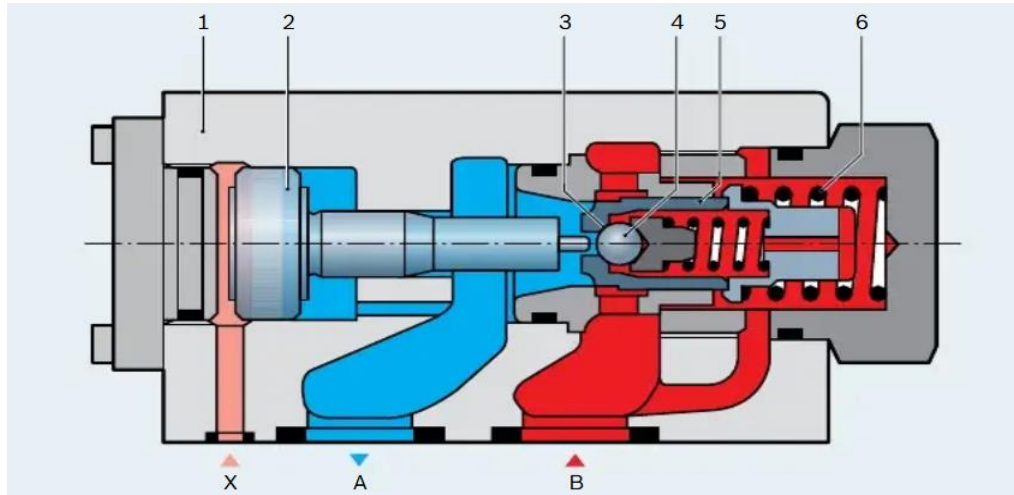
- 1 Carcasa
- 2 Resorte de cierre
- 3 Asiento de la válvula
- 4 Elemento de bloqueo

Figura 8. Válvula antirretorno de una tubería [19].

Válvulas antirretorno desbloqueables

Las válvulas antirretorno desbloqueables son válvulas de cierre que pueden abrirse hidráulicamente en la dirección clave. Para abrir, estas válvulas son accionadas por presión piloto para permitir el flujo en ambas direcciones [19].

Las válvulas antirretorno desbloqueables se utilizan en todas las áreas de la hidráulica donde es necesario mantener una carga o corregir la tensión de ciertos componentes. En este sentido, es necesario poder bloquear la corriente para reducir la carga o liberar la tensión. En la Figura 9 podemos observar la estructura básica de una de estas.



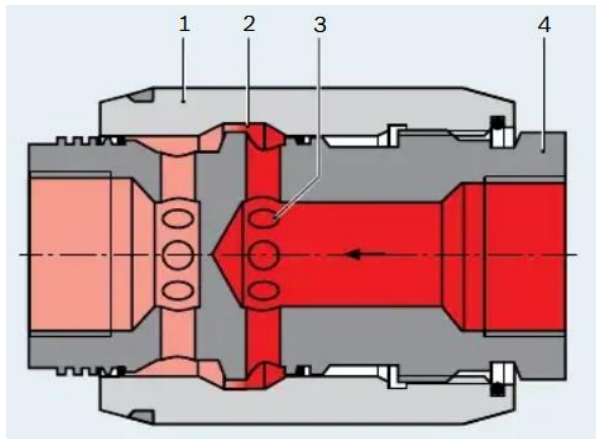
- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 Carcasa | 6 Resorte de cierre |
| 2 Pistón de mando | A, B Conexiones de trabajo |
| 3 Asiento de cono | X Alimentación del fluido de mando |
| 4 Elemento de preapertura | |
| 5 Elemento principal de bloqueo | |

Figura 9. Estructura de una válvula antirretorno desbloqueable [19].

Válvulas estranguladoras

Las válvulas estranguladoras o también llamadas comúnmente de mariposa son válvulas de flujo, que dirigen el flujo del equipo hidráulico a través de la sección transversal de la válvula de estrangulamiento. Según el modelo de mariposa, la parte de apertura puede ser fija o regulable [19].

Dependiendo del diseño de la válvula, las válvulas de mariposa reducen el flujo en una o ambas direcciones. El caudal a través de la válvula de mariposa depende de la sección transversal de la apertura y de la altura de la diferencia de presión de la válvula. Si la sección de apertura es la misma, entonces se dice que cuanto mayor es la diferencia de presión, mayor es el caudal. En la Figura 10 se puede observar el diseño básico de una válvula de mariposa ajustable.

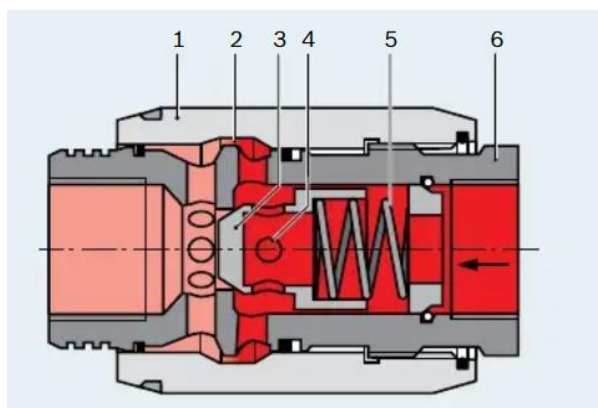


- 1 Elemento de ajuste
- 2 Punto de estrangulación
- 3 Perforación de caudal
- 4 Carcasa

Figura 10. Diseño de una válvula estranguladora [19].

Válvula estranguladora antirretorno

En la válvula de estrangulamiento también se puede instalar una válvula de retención, de esta manera, el efecto de estrangulamiento ocurre solo en una dirección de flujo. Las válvulas de control del acelerador también tienen diferentes diseños de válvulas con estranguladores preestablecidos y estranguladores ajustables [19]. En la Figura 11 se puede observar el diseño básico de una válvula antirretorno.



- 1 Elemento de ajuste
- 2 Punto de estrangulación
- 3 Cono de la válvula antirretorno
- 4 Perforaciones de caudal
- 5 Resorte de cierre de la válvula antirretorno
- 6 Carcasa

Figura 11. Válvula antirretorno ajustable [19].

Válvulas reguladoras de caudal

Las válvulas reguladoras de caudal regulan el flujo en el sistema hidráulico independientemente de las fluctuaciones de presión, el uso de estas válvulas permite mantener constante el caudal dentro del rango regulado [19].

Dependiendo de la aplicación, las válvulas reguladoras de caudal se instalan en el suministro (preconectado) o en la salida (postconectado) del consumidor regulado o en paralelo con el consumidor. Su función es compensar las fluctuaciones en 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 [2]. En la Figura 12 se puede observar la estructura básica de esta válvula

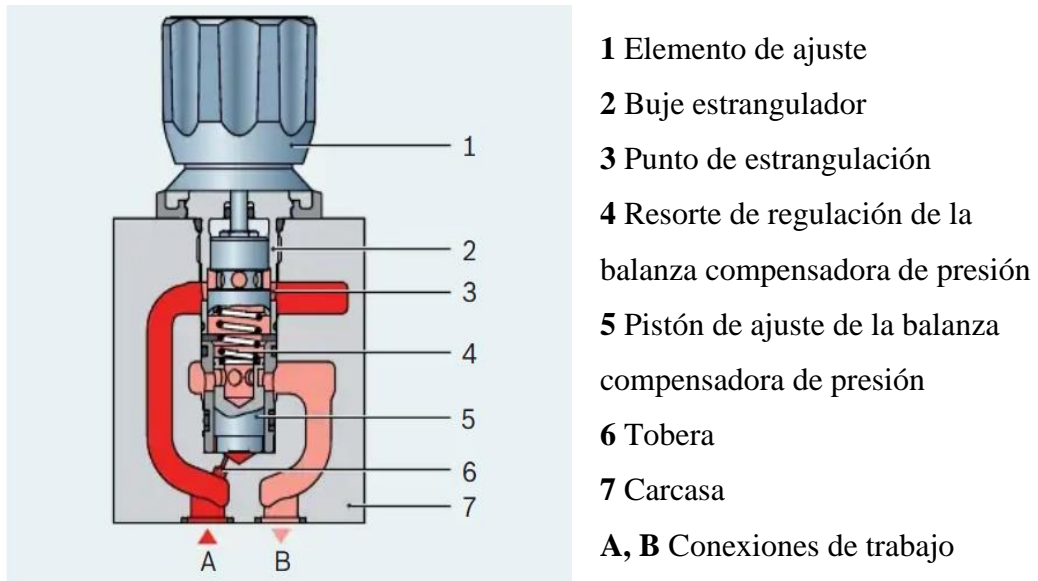
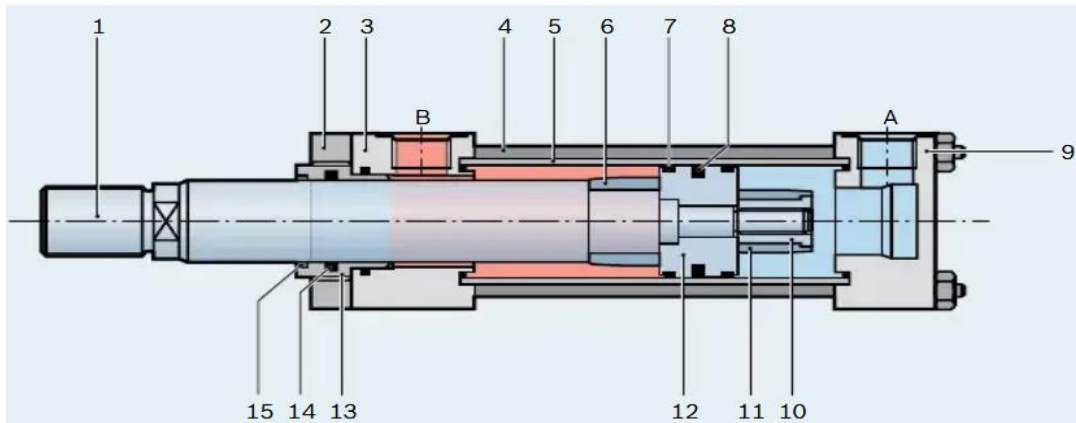


Figura 12. Estructura básica de una válvula reguladora de caudal [19].

1.6.1.4. Actuador (Cilindro Hidráulico)

Los cilindros hidráulicos son palancas de cambio, hacen que el flujo en las cámaras cilíndricas sea traslacional, es decir, directo, este tipo cilindros pueden transmitir grandes fuerzas durante el recorrido, limitadas por su longitud activa. Dependiendo del tipo de construcción, los cilindros hidráulicos pueden transmitir fuerza en una o dos direcciones. Los cilindros hidráulicos son muy eficientes para su tamaño y, por lo tanto, se utilizan en todas las industrias e hidráulica móvil [21]. En la Figura 13 se puede observar la estructura y los componentes de un cilindro hidráulico.



- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 Vástago | 7 Guía de pistón | 13 Anillo de guía del vástago |
| 2 Brida | 8 Junta de pistón | 14 Junta del vástago |
| 3 Cabezal del cilindro | 9 Tuerca | 15 Rascador |
| 4 Tirante | 10 Rosca | A Conexión de trabajo del pistón |
| 5 Tubo del cilindro | 11 Buje amortiguador | B Conexión de trabajo del vástago |
| 6 Buje amortiguador | 12 Pistón | |

Figura 13. Estructura de un cilindro hidráulico [19].

El cilindro hidráulico de la Figura 13 consta de dos juntas, cada una conectada a un solo espacio de cilindro a cada lado del pistón. Cuando cada conexión está bajo presión, el pistón se mueve según el principio de movimiento positivo causado por la fuerza de presión:

Cuando la conexión A está bajo presión y la conexión B está fijada al tanque, la fuerza de presión actúa sobre el pistón a través de la fuerza de presión. El fluido hidráulico fluye hacia la cámara del pistón y el vástago del pistón se mueve hacia afuera.

Cuando se presiona el puerto B y el puerto A se conecta al tanque, la fuerza de presión actúa en el lado de la varilla. El fluido hidráulico fluye hacia la cámara del vástago del pistón y el vástago del pistón se mueve hacia adentro. Al moverse hacia adentro o hacia afuera, el pistón se mueve en línea recta. A través de la varilla se transmite el movimiento y, por tanto, también la fuerza de tracción o de compresión a la máquina de trabajo como se puede observar en la Figura 14.

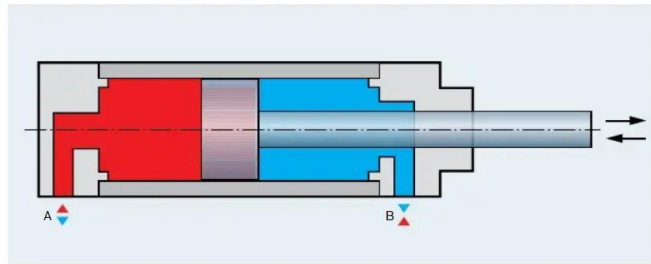


Figura 14. Funcionamiento de un cilindro de doble acción [19].

1.6.1.4.1. Tipos de actuadores

Cilindro simple efecto

Son cilindros con una sola entrada de aceite. Cuando el aceite ingresa a la cámara del cilindro, comprime el pistón y hace que la varilla se mueva con empuje, gracias a la acción del muelle, el pistón vuelve en cuanto no se inyecta más aceite en el cilindro [20]. En la Figura 15 se puede observar los componentes de este cilindro.

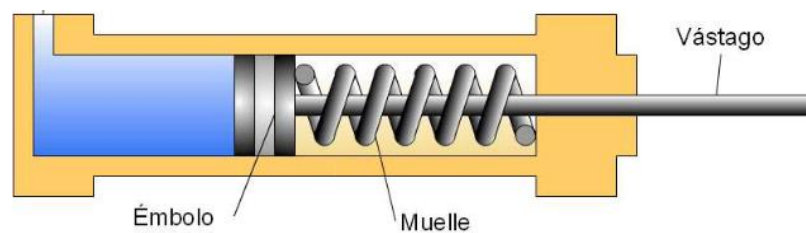


Figura 15. Cilindró simple efecto [20].

Cilindro de doble efecto

Estos cilindros cuentan con dos entradas de aire comprimido que permiten empujar el pistón con aire en ambos sentidos (hacia delante y hacia atrás) [20], como se puede observar en la Figura 14.

Cilindros diferenciales

Son los más usados y comunes, se les llama cilindros diferenciales por la diferencia entre el área del pistón y el área del segmento, la diferencia entre el área del vástago y el área del pistón como se muestra en la Figura 16. En sus aplicaciones tenemos máquinas de inyección, prensas y aplicaciones en general en el campo.



Figura 16. Cilindro diferencial [10].

Cilindro telescópico de simple efecto

La particularidad de estos cilindros es que son capaces de alcanzar grandes alturas y ocupar poco espacio cuando están retraídos, ejerciendo fuerza sólo bajo tensión y retrayendo casi siempre por su propio peso [10], de tal manera que se utilizan generalmente en volquetas montado sobre tolvas, montacargas, etc., este tipo de cilindro se puede observar en la Figura 17.

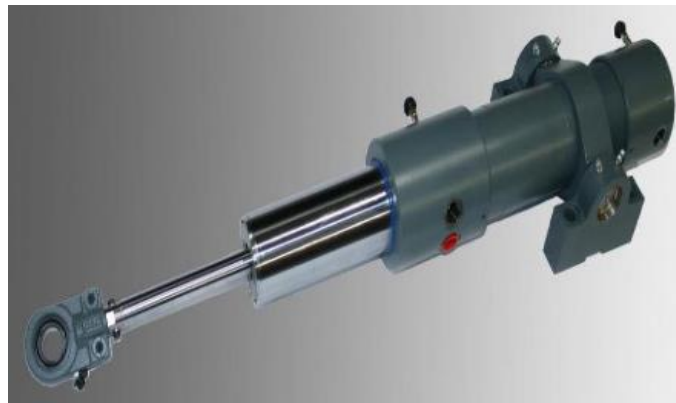


Figura 17. Cilindro telescópico de simple efecto [10].

1.6.1.5. Manómetros

Estos aparatos miden la presión del fluido en el sistema, los más utilizados son los manómetros circulares que contienen en interior glicerina, que tiene como función principal amortiguar los movimientos bruscos a la que es sometida la aguja indicadora del nivel de presión. En la Figura 18 se puede observar el manómetro con un muelle según Roca [18].

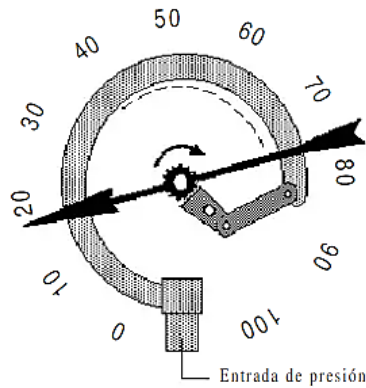


Figura 18. Manómetro [18].

1.6.1.6. Fluidos hidráulicos

Los fluidos hidráulicos presentan una mayor duración y rendimiento, estos fluidos deben cumplir con ciertas características como la transmisión de presión, evacuación de calor, lubricación de partes móviles, protección anticorrosiva, eliminación de partículas abrasivas, etc. [18], en la Tabla 2 se puede observar los tipos de fluidos hidráulicos.

Tabla 2. Tipos de fluidos hidráulicos [18].

Fluidos Hidráulicos	Fluidos ininflamables	A. Fluidos sintéticos	a. Éster-fosfatos
			b. Hidrocarburos clorados
			c. Ésteres orgánicos
		B. Agua glicol	
		C. Emulsiones inversas	
	D. Emulsiones agua-aceite		
	Aceites minerales	Procedentes de la destilación del petróleo.	

Para seleccionar un fluido hidráulico se debe tomar en cuenta ciertas características, en la Tabla 3 se puede observar el Grado ISO de viscosidad que utiliza las bombas, para la selección depende del tipo de bomba a utilizar.

Tabla 3. Grado ISO de viscosidad [18].

Tipo de bomba	Grado ISO de viscosidad		
	32	46	68
Paletas	60°C	70°C	78°C
Pistones radiales	38°C	50°C	60°C
Pistones axiales	60°C	70°C	78°C
Engranajes	60°C	70°C	80°C

También se debe tomar en cuenta la temperatura mínima de arranque del fluido que se rige para el funcionamiento y la puesta en marcha del dispositivo. El aceite mineral no debe utilizarse a temperaturas inferiores a 10°C tomando en cuenta su punto de congelación que es de -30°C, no se debe utilizar a temperaturas inferiores a -20°C, tomando en cuenta que la viscosidad del fluido aumenta en base a la disminución de la temperatura, en la Tabla 4 se puede observar parámetros generales del tipo de bomba y el índice de viscosidad del tipo de fluido a emplear (visco grama).

Tabla 4. Parámetros generales de la viscosidad máxima [18].

Tipo de bomba	Viscosidad máxima 1 mm² / s (1 cst)
Paletas	860
Pistones radiales	860
Pistones axiales	1300
Engranajes	6000

1.6.1.7. Filtros

El sistema de filtración es netamente importante debido a que el fluido contiene impurezas y estos componentes filtran dichos residuos e impurezas, por lo que mantienen en buen estado el funcionamiento de los equipos hidráulicos. La función principal del filtro es mantener limpio al sistema hidráulico con la retención de impurezas, por lo cual el filtro está formado con un material poroso [18], de esa manera se cumple con la norma ISO 4406 que establece la limpieza de los fluidos hidráulicos [21].

En un sistema hidráulico se puede tener varios tipos de filtros, en este caso los principales son el filtro de succión, retorno y un colador metálico, estos componentes retiene cualquier tipo de impurezas que pueden ingresar al sistema, se debe considerar que cada sistema es diferente por la cual se puede utilizar los siguientes tipos de filtros [18]:

- Filtro de llenado, se encuentra ubicado en la entrada del depósito, donde el aceite pasa su primer filtro al ingresar al sistema.
- Filtro de succión, protege a los componentes como las bombas antes de empezar con la succión del aceite.
- Filtro de retorno, es utilizado en el retorno del fluido hacia el depósito, este filtro se encuentra ubicado en la parte externa del tanque de almacenamiento, al trabajar la máquina genera su propia suciedad o desgaste de los componentes internos y este filtro los retiene, de tal manera asegura una mejor vida útil a la unidad hidráulica [18].

1.7. Componentes principales de un cilindro hidráulico

1.7.1. Vástago: Es una parte móvil que está unida a un pistón dentro del cilindro.

1.7.2. Émbolo: Esta es la parte que recibe la presión del líquido y cuya función es sellar y lubricar el interior del cilindro.

En la Figura 19 se puede observar el émbolo y el vástago.

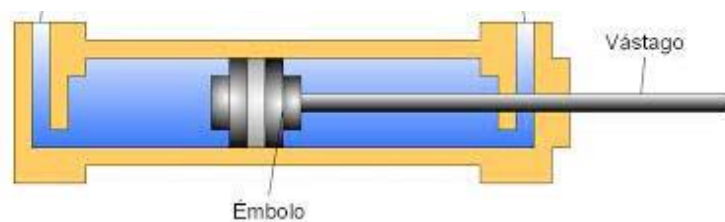


Figura 19. Partes principales de un actuador [20].

1.8. Material estructural del que se compone un cilindro

1.8.1. Carcasa del cilindro hidráulico

El material del que generalmente está compuesto un cilindro hidráulico en el mercado es el acero SAE 1045, mismo que viene en presentaciones de tubos. En la Tabla 5 se

puede observar las propiedades de este acero y en la Tabla 6 las dimensiones y pesos nominales del acero ASTM A53.

Tabla 5. Propiedades mecánicas del acero SAE 1045 [10].

Norma técnica	Grado	Límite de fluencia Mínimo		Resistencia a la tracción mínimo	
		KSI	Mp	KSI	Mp
SAE 1045	--	35	240	60	415

Tabla 6. Dimensiones y pesos nominales del acero ASTM A53 [10].

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Diámetro de pared		Peso Kg/m	Peso tipo	SCH N°	Presión de prueba grado B psi
	pul	mm	pul	Mm				
16	16	406.4	0.38	9.52	93.17	STD	30	980
16	16	406.4	0.50	12.70	123.30	XS	40	1310
18	18	457.0	0.38	9.52	105.10	STD	--	880
18	18	457.0	0.50	12.70	139.20	XS	--	1170
20	20	508.0	0.38	9.52	117.02	STD	20	790
20	20	508.0	0.50	12.70	155.12	XS	30	1050
24	24	610.0	0.38	9.52	144.88	STD	20	660
24	24	610.0	0.50	12.70	186.94	XS	--	880

1.9. Símbolos normalizados para elementos hidráulicos

Los símbolos hidráulicos son esquemas de los componentes que pueden formar un sistema o un aparato tecnológico, de esa manera al visualizar los esquemas se puede realizar un breve análisis de los componentes que se va a utilizar en la construcción de cualquier aparato, también estos esquemas se lo utilizan para la simulación en software especializado, en el ANEXO 01 se puede visualizar la simbología de los componentes más importante de la hidráulica [22].

1.10. Sistema de control

El sistema de control es de vital importancia, puesto que tiene un papel fundamental dentro del avance tecnológico en las civilizaciones modernas, es por ende que la parte

del control automático influye en cada una de las actividades que se realiza día tras día, cabe recalcar que la parte del control automático se puede encontrar en varios sectores ya sea en las industrias, empresas, casas, edificios, máquinas, equipos, línea de ensambles, transporte, control de máquinas herramientas, control de computadores, robótica, entre otros.

1.10.1. Los componentes básicos de un sistema de control

Los componentes principales de un sistema de control automático se van a detallar a continuación:

- Los objetivos enfocados de un sistema de control.
- Los componentes que se van a utilizar en el sistema de control.
- Los resultados y salidas.

Estos tres componentes tienen una relación básica entre ellos como se muestra en la Figura 20, pero si uno de ellos no se cumple no se logrará el cumplimiento del objetivo el cual está enfocado en la realización de la parte del control automático, ya sea para una máquina o cualquier otro sistema que necesite ser controlado automáticamente [23].

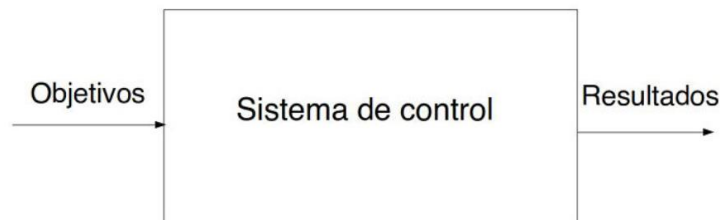


Figura 20. Componentes básicos de un sistema de control automático [23].

Ahora bien, en este proyecto que es la construcción del sistema hidráulico, se necesita tener un control automático en el sistema de la unidad hidráulica, en la salida y entrada del vástago del actuador hidráulico, de esa manera llegando a cumplir funciones específicas a la que se necesita que trabaje el sistema [23].

Los componentes utilizados para el sistema de control son:

- Pulsadores normalmente abiertos y normalmente cerrados
- Contactor
- Fuente conmutada

- Relay CSC
- PLC
- Cables
- Led

Estos componentes son los que forman la parte del control automático del sistema hidráulico, el componente por el cual se va a realizar la selección es el PLC y su respectiva programación en un software especializado.

1.10.2. Control Lógico programable (PLC)

El PLC, se trabaja en industrias, las cuales almacenan instrucciones que son programadas con un código de programación, esto puede dar señales de especificaciones lógicas, secuenciales, conteo, movimiento, comunicaciones, temporizaciones, etc., esto se lo realiza mediante módulos de entrada y salida que pueden ser digitales o análogos.

Un autómatas programable tiene una serie de elementos que forman el componente, las cuales son esenciales para su funcionamiento:

- El PLC tiene sección de entradas y salidas; estas pueden ser analógicas o digitales, tomando en cuenta que estas líneas van a estar conectadas a varios componentes como los actuadores.
- El CPU, Unidad Central de Proceso; este componente se encarga de guardar el programa que fue introducido por el usuario.
- Las memorias; tiene la capacidad de almacenar los distintos tipos de mensajes o instrucciones que se puede ejecutar en la unidad lógica, las memorias puede ser ROM O PROM y RAM, cada una de ellas tiene su respectiva función dentro del PLC.

Se ha especificados los componentes de mayor relevancia que forman un PLC, a partir de ello se puede observar en la Figura 21 el diagrama de bloques de la arquitectura de este componente.



Figura 21. Diagrama de bloques de la arquitectura de un PLC [24].

Las consideraciones más relevantes del PLC en su instalación y montaje es adecuar la caja de control en la que va a ser instalada, los requerimientos del control que se desea obtener, calcular los I/O modulares y los racks necesarios, la potencia necesaria para el funcionamiento del PLC, también se debe tomar en cuenta las medidas de seguridad para el componente para evitar posibles cortocircuitos en el PLC, para ello se le utiliza switch de seguridad o cualquier otro componente con la función de proteger al PLC realizando cortes de líneas de energía de manera temporal, estos componentes una vez ya instalados deben cumplir distintos tipos de normas eléctricas y normas NEMA que son de construcción de equipos eléctricos [24].

La temperatura en la cual puede trabajar el PLC es de 60°C, siendo esta temperatura su nivel máximo de operación [24].

1.10. Objetivos

1.10.1. Objetivo general

Diseñar y construir el sistema hidráulico de una máquina de pruebas para conexiones metálicas viga-columna.

1.10.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de funcionamiento del sistema hidráulico.
- Diseñar el sistema y control hidráulico para la máquina de ensayos.
- Seleccionar elementos eléctricos y mecánicos para el sistema de control hidráulico de la máquina de ensayos.
- Construir el sistema hidráulico para la máquina de ensayos

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Metodología aplicada para el diseño y construcción

En este estudio, se busca dar una solución óptima, que se desarrollará para resolver el problema planteado. Para ello nos apoyamos en la metodología de diseño mecánico, aprendida en las clases de ingeniería, esto va de la mano con la norma ISO 4413 y la FEMA 351, la primera norma se refiere al diseño del sistema hidráulico y la segunda se refiere a los datos necesarios para realizar los ensayos viga-columna.

2.2.1. Alcance

Este sistema hidráulico está diseñado para una máquina que sirve para realizar ensayos viga-columna, con una presión máxima del actuador de 2700 PSI, donde se puede realizar ensayos viga-columna con los perfiles de acero estructural IPE 100 como máximo.

2.2.2. Limitaciones

- El dimensionamiento del cilindro no debe exceder de 0.3 m de carrera y el vástago de 0.2 m de largo, con un diámetro de 0.0635 m.
- Presión máxima del actuador de 2700 PSI.
- Su mantenimiento debe ser fácil.
- Su costo de construcción no debe exceder 3 000 dólares americanos.
- El sistema hidráulico es una etapa complementaria de la máquina que se desea construir.

2.2.3. Diseño de la investigación

El presente proyecto corresponde a la “investigación tecnológica”, la cual tendrá su lugar de estudio en la Universidad Técnica de Ambato, provincia de Tungurahua.

2.2.4. Factores para la selección de los componentes

En esta parte es muy importante tomar en cuenta los tres factores primordiales dentro de la selección de componentes como son:

2.2.4.1. Factor técnico

- Capacidad de la fuerza máxima del pistón hidráulico
- Control y automatización
- Rendimiento
- Construcción
- Mantenimiento

2.2.4.2. Factor económico

- Costos de adquisición
- Costo de fabricación
- Costo de mano de obra
- Costos de mantenimiento

2.2.4.3. Factor complementario

- Dimensiones de la máquina (alto, ancho)
- Forma de la unidad hidráulica

Estos tres factores mencionados anteriormente son de vital importancia para el diseño y construcción del sistema hidráulico, de esa manera se obtendrá la unidad hidráulica con todas las especificaciones y características deseadas para complementar la máquina de ensayos viga-columna.

2.2.5. Requisitos técnicos

El sistema hidráulico debe ser capaz de resistir altas presiones, cumpliendo con la norma ISO 4413 que es el de diseño del sistema hidráulico, de esa manera evitando alguna caída de presión del sistema y a su vez manteniendo el caudal necesario para alcanzar la fuerza de operación requerida.

2.2. Métodos de investigación

2.2.1. Investigación Numérica

En el siguiente proyecto se pretende construir un sistema hidráulico para una máquina de pruebas viga-columna, aplicando teorías fundamentales de oleohidráulica y modelado y simulación utilizando el software ANSYS.

2.2.2. Investigación Bibliográfica

Para la ejecución del presente proyecto se realizará una recopilación de información que permitirá tener el conocimiento de trabajos previos, a través de tesis, papers, artículos y libros, los que se obtendrán de repositorios digitales, bibliotecas virtuales y páginas web.

2.3. Software para el diseño de la máquina

2.3.1. Software especializado

El software especializado para el diseño, es una herramienta que utiliza métodos numéricos para llegar a una solución, también posee una capacidad de modelado físico y químico, permitiéndonos obtener datos del sistema simulado, a su vez se obtiene curvas que pueden ser analizadas para una toma de decisión.

2.3.2. Esquema de la máquina de ensayos viga-columna.

En la figura 22, se puede observar el esquema de la máquina de ensayos viga-columna, la que nos permite realizar ensayos en base a la norma AISI 341-16, de perfiles estructurales hasta un IPE 100, está máquina consta de dos partes; la estructura que puede estar formada por perfiles IPE 200 y el sistema hidráulico que puede ejercer una presión máxima de 2700 PSI.

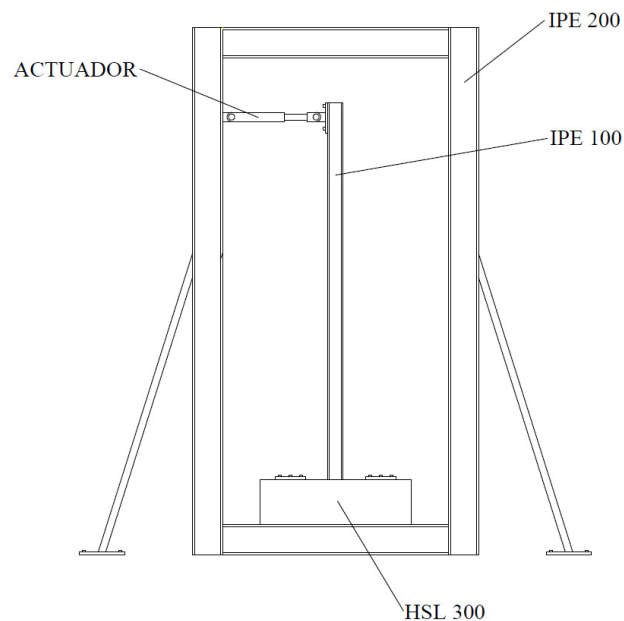


Figura 22. Esquema de la máquina de ensayos viga-columna.

2.4. Cálculos

Antes de iniciar con los respectivos cálculos para la selección de componentes de la unidad hidráulica, se realizó un breve análisis de todos los procesos que se va a realizar en el diseño y construcción del sistema hidráulico, también se realiza un breve análisis de la toma de decisiones de cada uno de los procesos a ejecutar, se puede observar en la Figura 23 el diagrama de flujo de proceso de diseño y construcción de la máquina.

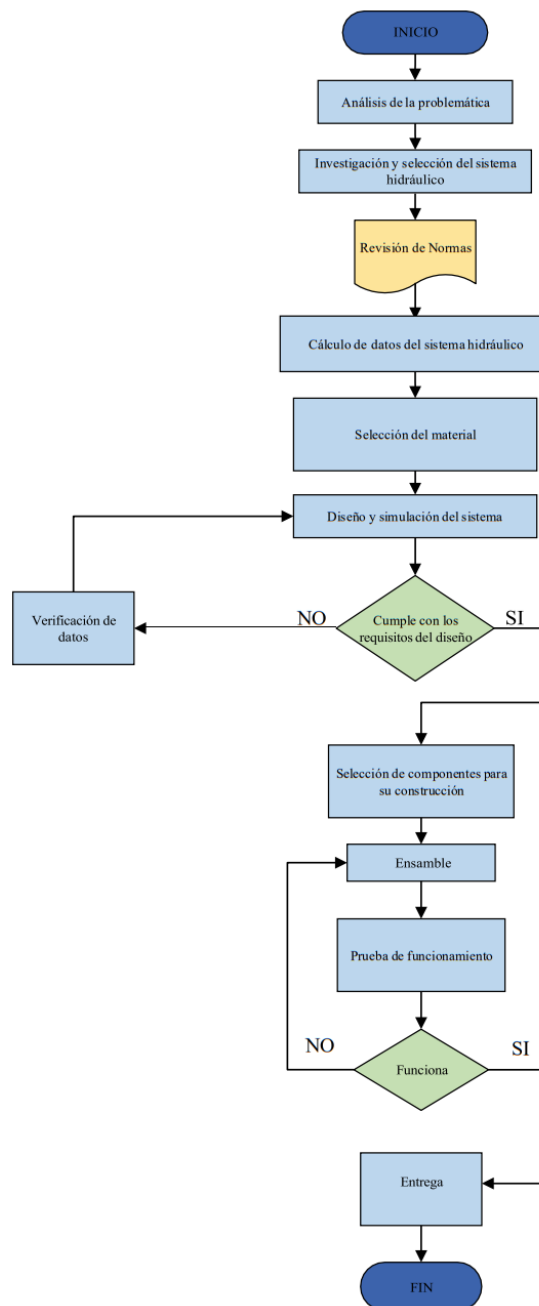


Figura 23. Diagrama de flujo de procesos del diseño y construcción de la unidad hidráulica.

2.4.1 Cálculo de la fuerza del actuador hidráulico

Se realiza el cálculo de la máxima deformación por medio de la norma AISI 341-16, que nos da como ángulo 0.04 rad como máximo, considerando que el perfil tiene una longitud de 2500 mm con lo que se realiza el cálculo a continuación:

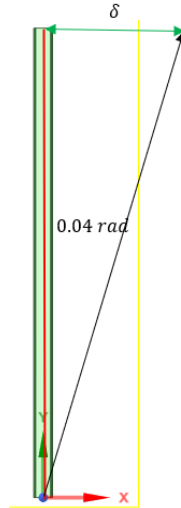


Figura 24. Desplazamiento del perfil IPE 100 a un ángulo de 0.04 rad .

$$\delta = l \tan(\theta) \quad (6)$$

$$\delta = 2500 \tan(0.04 \text{ rad})$$

$$\delta = 100 \text{ mm}$$

Donde:

δ : Desplazamiento (mm).

l : Longitud perfil (mm).

θ : Ángulo (rad).

Para obtener la presión máxima que se necesitará para deformar 100 mm el perfil IPE100, se realizará una simulación en un software especializado el cual permitirá obtener la presión máxima necesaria para el sistema, como se puede observar en la Figura 25.

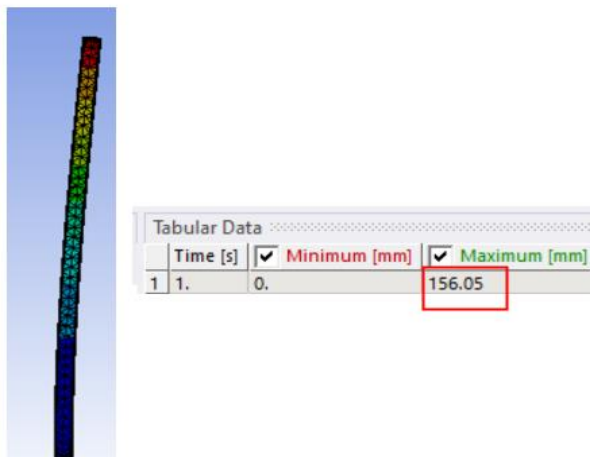


Figura 25. Deformación del perfil IPE 100.

Realizada la simulación se determinó que la fuerza necesaria para deformar 156.05 mm del perfil IPE100 es de 10000 N, cómo se puede observar en la Figura 26.

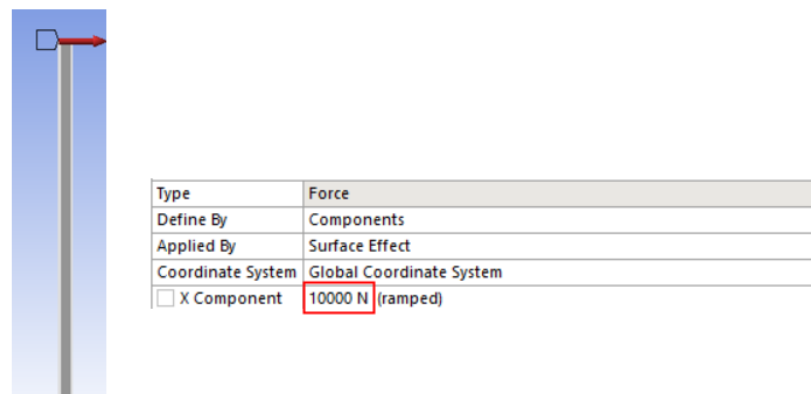


Figura 26. Fuerza necesaria para deformar el perfil IPE 100.

Para los cálculos de la fuerza máxima que podrá generar el actuador hidráulico se ocupará la Ecuación 8, en donde es necesario tener los datos de presión y el área del émbolo donde actúa, la presión seleccionada se obtiene en base a ensayos de flexión que se realizó en el software ANSYS para el perfil IPE 100; se requiere de una fuerza de 10 kN (2248.089 lbf) y el diámetro del émbolo se obtiene del catálogo de la empresa AMPER HYDRAULIC.

Datos:

$$F = 10 \text{ kN}$$

$$D_e = 0.0635 \text{ m}$$

Cálculo del área de émbolo del actuador hidráulico y presión:

$$A_e = \frac{\pi D_e^2}{4} \quad (7)$$

$$P = \frac{F}{A_e} \quad (8)$$

$$F_{m\acute{a}x} = P A_e = P \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \quad (9)$$

Donde:

F: Fuerza del actuador (kN)

P: Presi3n necesaria para doblar el perfil IPE 100 (kPa)

D: Diámetro del 3mbolo del actuador (m)

Remplazamos valores y calculamos:

$$P = \frac{F}{A_e}$$

$$P = \frac{10 \text{ kN}}{\left(\frac{\pi (0.0635 \text{ m})^2}{4} \right)}$$

$$P = 3157.64 \text{ kPa} \approx 458 \text{ PSI}$$

Debido a que el actuador en la parte delantera posee el vástago de 0.0355 m de diámetro, como se puede observar en la Figura 26, el 3rea de aplicaci3n de la fuerza es menor, por lo tanto, se realiza un c3lculo de la presi3n que se tiene que aplicar en la parte frontal, de la siguiente manera:

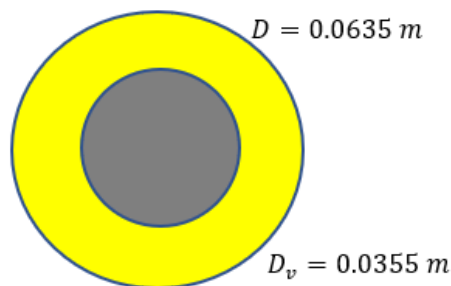


Figura 27. Dimensiones del diámetro del vástago.

$$D_d = D - D_v \quad (10)$$

$$D_d = 0.0635 - 0.0355$$

$$D_d = \mathbf{0.028 \text{ m}}$$

Donde:

D_v : Diámetro del vástago (m).

Con el diámetro efectivo obtenido se procede a calcular la presión que se necesitará:

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

$$P_v = \left(\frac{10 \text{ kN}}{\frac{\pi(0.028)^2}{4}} \right)$$

$$P_v = \mathbf{16240.3 \text{ kPa} \approx 2355.45 \text{ PSI}}$$

Como la presión máxima del pistón es de 2700 PSI, es suficiente para flexionar el perfil desde el lado del vástago puesto que se necesita una presión de 2355.45 PSI.

Esta fuerza es la máxima que se necesita para flexionar el perfil IPE 100, y la fuerza máxima que podrá generar en actuador es debido a que este tiene una presión máxima de aplicación de 2700 PSI (18615.84 kPa), donde procedemos igualmente a calcular la fuerza máxima del actuador.

$$F_{a \text{ máx}} = P_{\text{máx}} \left(\frac{\pi D_d^2}{4} \right)$$

$$F_{a \text{ máx}} = (18615.84 \text{ kPa}) \left(\frac{\pi(0.028 \text{ m})^2}{4} \right)$$

$$F_{a \text{ máx}} = \mathbf{11,4627 \text{ kN} \approx 2576.928 \text{ lbf}}$$

Proporciona un factor de seguridad de:

$$F_s = \frac{P_{\text{máx}}}{P_v} \quad (11)$$

$$F_s = \frac{2700 \text{ PSI}}{2355.45 \text{ PSI}}$$

$$F_s = \mathbf{1.14}$$

2.4.2. Cálculos de la velocidad del actuador

Para el cálculo de la velocidad de la salida del émbolo del actuador se tomó como referencia la velocidad de la máquina universal de ensayos de tracción de la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, esta máquina es la WAW-600B, en la Figura 28 y Tabla 7 podemos observar la foto y las características técnicas de la máquina respectivamente:



Figura 28. Ensayo de tracción [25].

Tabla 7. Ficha técnica de la máquina de ensayos WAW-600B [25].

WAW-600B	
Las pruebas de vigor Max.	500 kN (600)
Rango de medición	10~500KN (12~600 kN)
La resolución del Min.	0,01 KN
Espacio de ensayo de tracción Max.	≥ 700 mm ≥ 670 mm
El espesor de la celebración de la muestra plana	0-15 mm
El diámetro de la ronda modelo	13-40 mm
Recorrido del pistón	250 mm
El tamaño del plato inferior y superior (mm)	$\Phi 235$.
Prueba de flexión pulsa rolling distancia	100~600 mm

Observando la Tabla 7, podemos extraer la velocidad del ensayo que será de:

$$v_a = 100 \frac{mm}{min}$$

$$v_a = 0.1 \frac{m}{min}$$

2.4.3. Cálculos del caudal de la bomba

Para determinar el caudal necesario para el sistema, utilizamos la Ecuación 1 de la siguiente manera:

$$Q = v_a A_e$$

$$Q = \left(0.1 \frac{m}{min}\right) \left(\frac{\pi(0.0635 m)^2}{4}\right)$$

$$Q = 3.1669 \times 10^{-4} \frac{m^3}{min}$$

$$Q = 0.083 \text{ GPM}$$

2.4.4. Cálculo de potencia

En el cálculo de la potencia se debe tomar en cuenta que siempre van a existir pérdidas en el sistema, la Figura 29 muestra las pérdidas en general que podría tener este sistema.

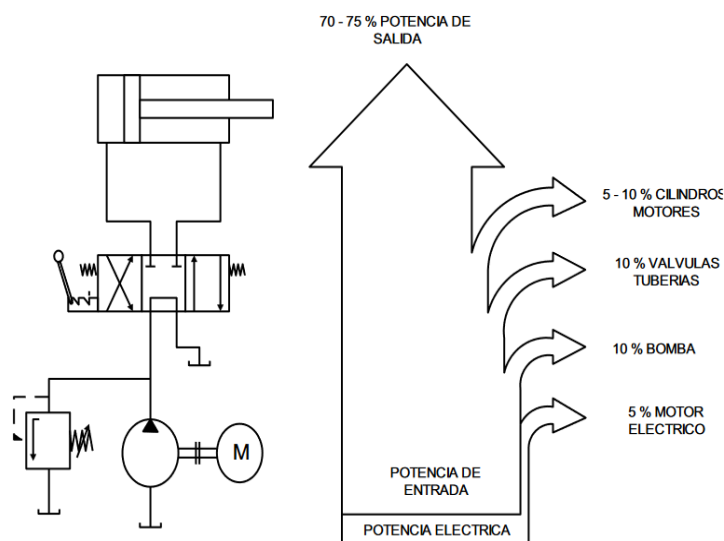


Figura 29. Diagrama Sankey sobre la pérdida promedio en sistemas hidráulicos [17].

2.4.4.1. Potencia de la bomba P_b

La potencia teórica de la bomba:

$$P_b = \frac{QP_{max}}{1714}$$
$$P_b = \frac{(0.083 \text{ GPM})(2700 \text{ PSI})}{1714}$$
$$P_b = \mathbf{0.13 \text{ HP}}$$

Si tomamos en cuenta la eficiencia n_b de 0.85, podemos obtener la potencia real de la bomba P_o :

$$P_o = \frac{P_b}{n_b} \tag{12}$$
$$P_o = \frac{P_b}{0.85}$$
$$P_o = \frac{0.13 \text{ HP}}{0.85}$$
$$P_o = \mathbf{0.16 \text{ HP}}$$

La potencia de la bomba en base a lo calculado se puede seleccionar una bomba con una potencia de 2HP o superior, misma que se puede obtener fácilmente en el mercado.

2.4.4.1. Potencia del motor P_m

Se selecciona un motor con una potencia de 2HP, en función de los cálculos anteriores.

El coeficiente para el motor es de 0.9, así que:

$$P_m = \frac{P_o}{\eta_m} \tag{13}$$
$$P_m = \frac{2 \text{ HP}}{0.9}$$
$$P_m = \mathbf{2.22 \text{ HP}}$$

La potencia del motor en base a lo calculado, se puede seleccionar un motor con una potencia de 3HP o superior, mismo que es de fácil obtención en el mercado.

Como el motor va tener una potencia de 3HP es necesario que la bomba posea la misma potencia, así que en definitiva se seleccionará una bomba con la misma potencia.

2.4.5. Cálculo de la válvula de alivio

La presión de esta válvula debe ser 5% más que la presión total del sistema hidráulico.

$$P_{va} = P_{max} + (P_{max} \times 0.05) \quad (14)$$

$$P_{va} = 2700 \text{ PSI} + (2700 \text{ PSI} \times 0.05)$$

$$P_{va} = 2835 \text{ PSI}$$

2.4.6. Selección de tuberías

Como se puede observar en la Figura 30, en el diseño final del sistema es necesario de tres tuberías que son:

- Tubería de succión
- Tubería de descarga
- Tubería de presión alta

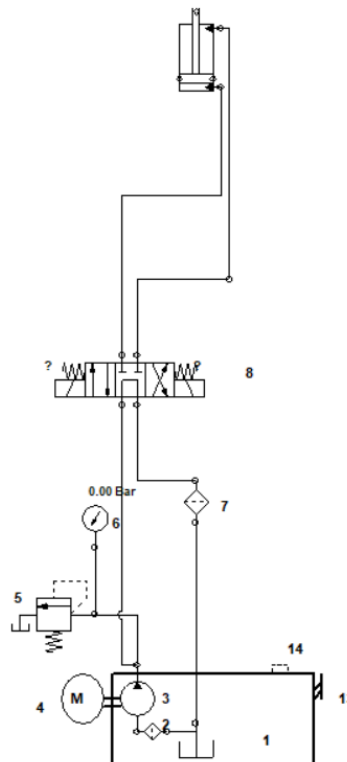


Figura 30. Diseño final del sistema hidráulico.

Para una correcta selección de tuberías, es necesario tomar en cuenta los caudales y las áreas, debido a que la velocidad del fluido está en función de estos parámetros, existen pérdidas de presión debido al rozamiento que se da con la pared de la tubería, pero en este caso, como es necesario tuberías de máximo 4 metros de longitud, estas pérdidas son insignificantes. Las velocidades recomendadas para la mayoría de sistemas hidráulicos se puede observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Velocidades recomendadas para tuberías de sistemas hidráulicos [15].

Tubería de aspiración		Tubería de presión		Tubería de retorno
Viscosidad cinemática	Velocidad v	Presión p	Velocidad v	Velocidad v
mm ² /s	m/s	bar	m/s	m/s
150	0,6	25	2,5 - 3	1,7 - 4,5
100	0,75	50	3,5 - 4	
50	1,2	100	4,5 - 5	
30	1,3	200	5 - 6	
		>200 (v=30 - 150 mm ² /s)	6	

2.4.6.1. Cálculo para la selección de tubería

2.4.6.1.1. Selección de la tubería de succión

Con el caudal requerido por el sistema Q, debido a la bomba, es necesario multiplicar cuatro veces este caudal:

$$Q = 0.06 \text{ GPM}$$

$$Q = 3785 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$Q_r = 4Q$$

$$Q_r = 4 \left(3785 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}} \right)$$

$$Q_r = 15140 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$Q_r = v_a A_e$$

Donde:

V_a : Velocidad obtenida de la Tabla 8.

A_e : Área interna de la tubería.

$$A_e = \frac{Q_r}{v_a}$$

$$A_e = \frac{15140 \left(\frac{mm^3}{s} \right)}{650 \left(\frac{mm}{s} \right)}$$

$$A_e = 23.29 \text{ mm}^2$$

Con esta área se procede a calcular el diámetro interno de la tubería:

$$A_e = \frac{\pi D_e^2}{4}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4A_e}{\pi}}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4(23.29 \text{ mm}^2)}{\pi}}$$

$$D_e = 5.45 \text{ mm} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Realizado los cálculos se procede a seleccionar una tubería de succión de $\frac{3}{16}$ in o superior en su diámetro y que soporte una presión de 3000 PSI.

2.4.6.1.2. Selección de la tubería de presión y retorno

Estas tuberías son iguales y la medida de su diámetro interno se obtiene de la siguiente manera:

$$Q = 0.06 \text{ GPM}$$

$$Q = 3785 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$Q_r = 4Q$$

$$Q_r = 4 \left(3785 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}} \right)$$

$$Q_r = 15140 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$Q_r = v_a A_e$$

Donde:

V_a : Velocidad obtenida de la Tabla 8.

A_e : Área interna de la tubería.

$$A_e = \frac{Q_r}{v_a}$$

$$A_e = \frac{15140 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}}{1200 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}$$

$$A_e = 12.61 \text{ mm}^2$$

Con esta área, a continuación, se calcula el diámetro interno de la tubería:

$$A_e = \frac{\pi D_e^2}{4}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4A_e}{\pi}}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4(12.61 \text{ mm}^2)}{\pi}}$$

$$D_e = 4 \text{ mm} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Realizado los cálculos se procede a seleccionar una tubería de presión y retorno de $\frac{3}{16}$ in o superior en su diámetro y que soporte una presión de 3000 PSI.

2.4.6.1.3. Selección gráfica de la tubería

Para este cálculo, recurrimos a la Figura 31 donde podemos observar el diagrama para la selección del diámetro de la tubería que está en función del caudal y la velocidad del fluido.

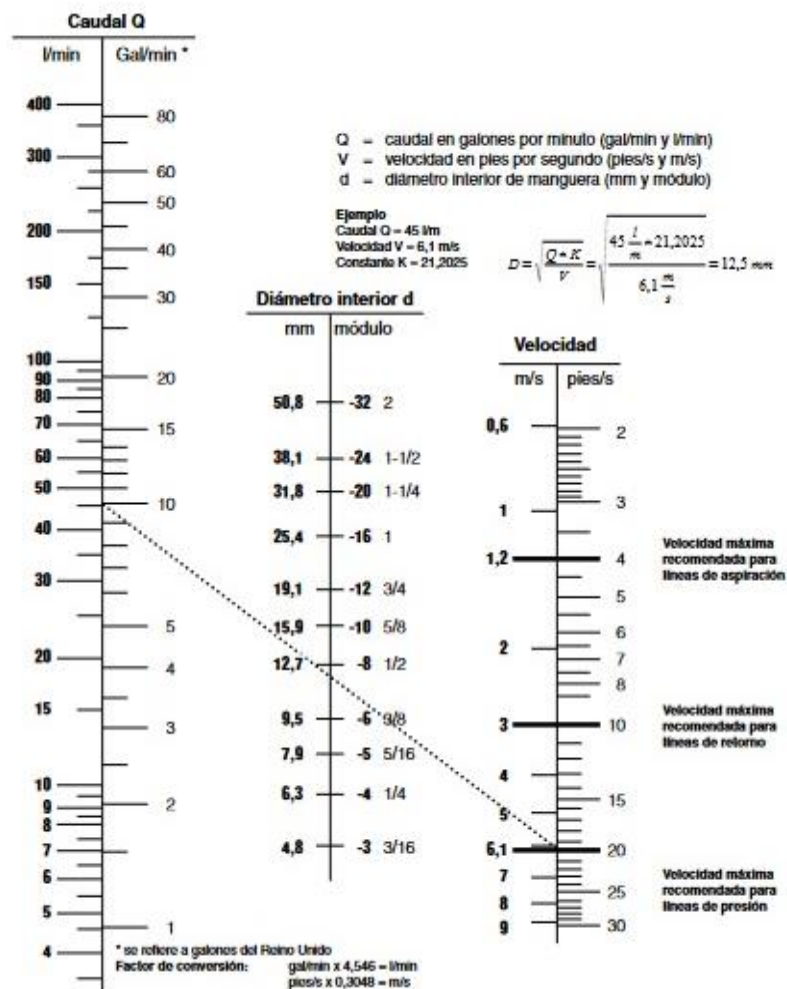


Figura 31. Nomograma de la capacidad del caudal [26].

2.4.6.2. Selección de la tubería para el sistema

Las tuberías a seleccionar son:

- La de succión es de $\frac{1}{2}$ in de diámetro.
- La de retorno y presión es de $\frac{1}{2}$ in de diámetro.

2.4.7. Diseño del depósito del sistema hidráulico

El depósito para este sistema debe contener de 3 a 5 veces el caudal máximo de la bomba por minuto como se mencionó anteriormente en el Capítulo I.

$$Q = 0.06 \text{ GPM}$$

$$V_D = 5Q$$

Donde:

V_D : Volumen del depósito (GAL)

$$V_D = 5(Q) \tag{15}$$

$$V_D = 5(0.06 \text{ GPM})$$

$$V_D = 0.3 \text{ GAL} \approx 1.14 \text{ l}$$

De acuerdo con los cálculos realizados, se requiere un depósito para un litro de fluido, con esto podemos pasar al dimensionamiento en base a la Figura 32, donde se puede observar las dimensiones para la selección del depósito.

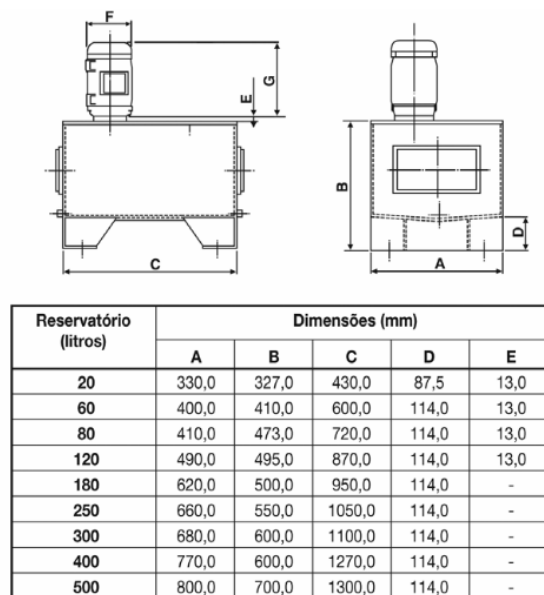


Figura 32. Dimensionamiento del depósito [27].

Según los datos calculados, se opta por un depósito de 20 litros.

2.4.8. Selección del aceite hidráulico

La selección correcta del aceite hidráulico permite que el sistema funcione bien, puesto que logra una carga rápida, buena lubricación, fácil control de velocidad y rápidos aumentos de potencia o cambios de dirección.

Debido a las variaciones de temperatura tanto externas como internas que puedan existir en la máquina, se considera la norma ISO para aceites hidráulicos, que permite observar la viscosidad que puede tener el aceite en función de la temperatura, como se muestra en la en la Figura 33.

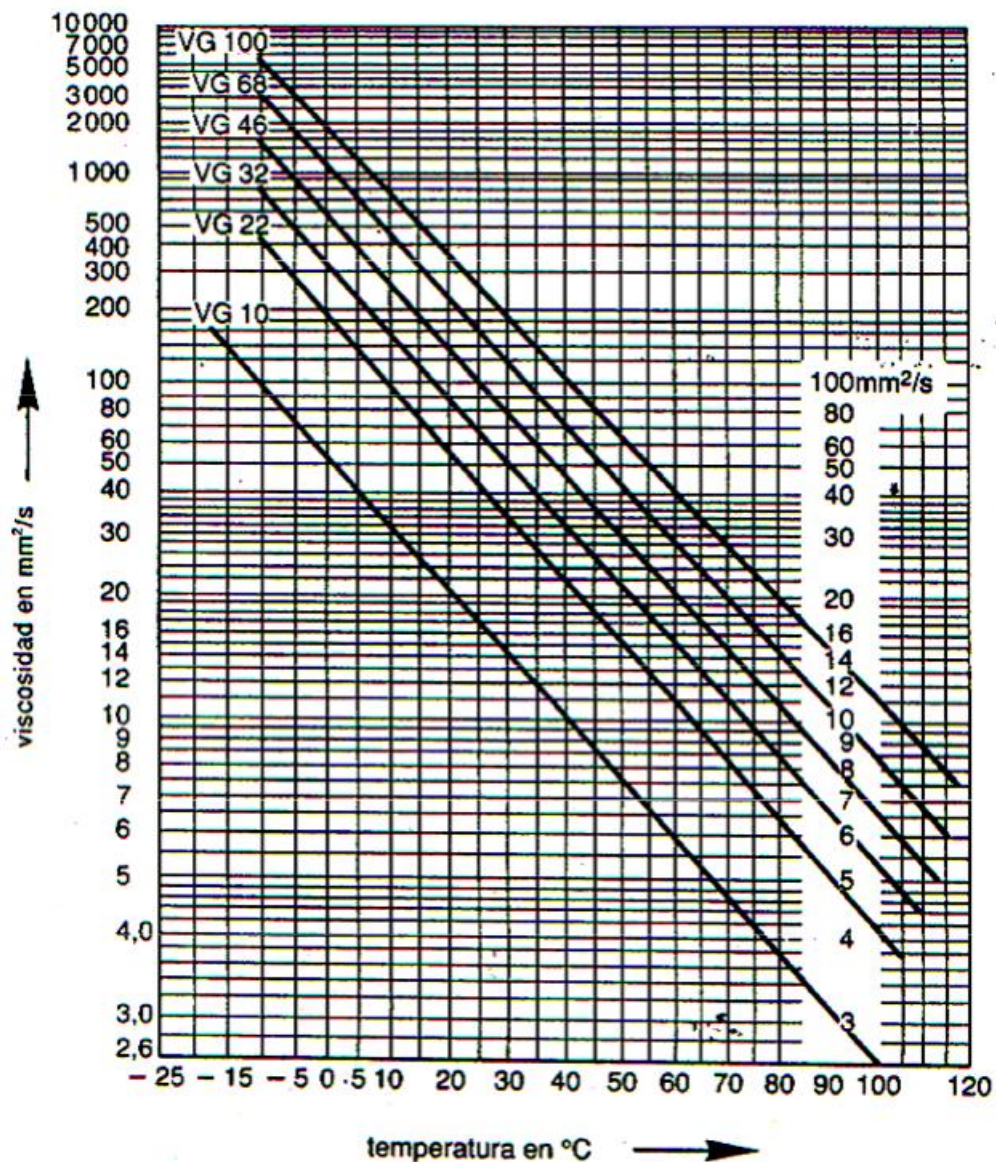


Figura 33. Viscosidad VS temperatura según ISO.

Debido a lo enunciado anteriormente, se seleccionará el aceite hidráulico ISO 68 el que permitirá un correcto funcionamiento de la máquina, en la Tabla 9 se presenta las características de este aceite.

Tabla 9. Grados de viscosidad según ISO [28].

Grado ISO VG	Viscosidad cinemática a 40 °C (cSt)		
	Nominal	Mínimo	Máximo
2	2.2	1.98	2.40
3	3.2	2.88	3.52
5	4.6	4.14	5.06
7	6.8	6.12	7.48
10	10	9.00	11.0
15	15	13.5	16.5
22	22	19.8	24.2
32	32	28.8	35.2
46	46	41.4	50.6
68	68	61.2	74.8
100	100	90.0	110
150	150	135	165
220	220	198	242
320	320	288	352
460	460	414	506
680	680	612	748
1000	1000	900	1100
1500	1500	1350	1650

El aceite hidráulico que posee la ISO 68 y que se puede adquirir en el Ecuador es el Lubricante Aceite Hidráulico 68 de la marca BIOFACTOR como se puede observar en la Figura 34.



Figura 34. Lubricante Aceite Hidráulico ISO 68.

En la Tabla 10 se puede observar las características del Lubricante Aceite Hidráulico 68 de la marca BIOFACTOR.

Tabla 10. Características del Lubricante Aceite Hidráulico 68 [29].

GRADO DE VISCOSIDAD ISO	22	32	46	68	100	150
Viscosidad @ 100°C, cSt	5	5.5	6.6	8.1	10.5	14.5
Viscosidad @ 40°C, cSt	22	32	46	68	100	150
Índice de Viscosidad	96	98	98	98	98	98
Punto de Inflamación, °C	210	210	210	210	220	225
Punto de escurrimiento, °C	-6	-12	-9	-9	-9	-9
Corrosión al Cu, 3 Hrs/100 °C	1a	1a	1a	1a	1a	1a
Demulsibilidad	40-40-0(25)	40-40-0(25)	40-40-0(25)	40-40-0(25)	40-40-0(25)	40-40-0(25)

2.4.9 Selección de la unión Motor-Bomba

El accesorio que une a la bomba con el motor, también llamado matrimonio, es importante debido a que transfiere la potencia y las RPM del motor a la bomba para generar suficiente flujo y potencia para producir los 3000 PSI necesarios para el sistema.

Como se puede observar en la elección de bomba y motor, en ambos casos se requieren 1735 rpm, es decir, es necesario que el número de revoluciones sea el mismo tanto para la bomba como para el motor, por lo que no hay lugar para bajar la velocidad que crea una conexión directa entre la bomba y los ejes del motor.

2.4.9.1 Cálculo del torque nominal (T_{nom})

Para realizar el cálculo del torque nominal se utilizará la siguiente formula:

$$T_{nom} = \frac{63025 P_m}{RPM} \quad (16)$$

Donde:

P_m : Potencia del motor (HP)

RPM: revoluciones por minuto del motor

En donde al remplazar los datos se obtiene:

$$T_{nom} = \frac{63025 (3HP)}{1735 rpm}$$

$$T_{nom} = 108.97 lb - in$$

2.4.9.2 Cálculo del torque de diseño (T_d)

La unión motor-bomba se realiza con un motor eléctrico que posee un torque estándar, mismo que accionará una bomba con configuración de engranes.

Se seleccionará de la Tabla 11 un factor de aplicación para la unión

Tabla 11. Factor de aplicación para la unión motor-bomba [30].

	Service Factors						Service Factors						Service Factors				
	Electric Motor w/ Standard Torque	Electric Motor w/ High Torque	Steam Turbines & Engines w/ or more Cyl ¹	Reciprocating Engines ²			Electric Motor w/ Standard Torque	Electric Motor w/ High Torque	Steam Turbines & Engines w/ or more Cyl ¹	Reciprocating Engines ²			Electric Motor w/ Standard Torque	Electric Motor w/ High Torque	Steam Turbines & Engines w/ or more Cyl ¹	Reciprocating Engines ²	
				1-Cyl	2-Cyl					1-Cyl	2-Cyl					1-Cyl	2-Cyl
Agitators	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Feeders						Beater, Pulper,					
Band Resaw (lumber)	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Belt, Screw.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Jordans, Dresses.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Barge Haul Puller	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Reciprocating.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8	Calenders, Dryers, Washers,					
Beaters	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Filter, Press-oil	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Thickener.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Blowers						Generators						Converting Machines,					
Centrifugal.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Not Welding.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Conveyors.....	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5
Lobe, Vane.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Welding.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Printing Presses	1.50	1.75	1.50	1.7	1.3
Bottling Machinery	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Hoist.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Pug Mill	1.75	2.00	1.75	2.0	1.6
Brew Kettles (distilling)	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Hammermills	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Pumps					
Can Filling Machinery	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Kilns	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Centrifugal.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Car Dumpers	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8	Laundry Washers —						Gear, Rotary, Vane.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6
Car Pullers	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Reversing.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Reciprocating:					
Card Machine	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0	Lumber Machinery						1-Cyl. Single or:					
Chiller (oil)	1.50	2.00	1.25	2.0	2.0	Barkers, Edger Feeder,						Double Acting.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Compressors						Live Roll.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	2-Cyl. Single Acting.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Centrifugal.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Planer, Slab Conveyor.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	2-Cyl. Double Acting.....	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0
Screw, Lobe.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Machine Tools						3 or more Cyl.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Reciprocating.....	See Note					Punch Press-gear Driven,						Rubber Machinery					
Conveyors, Uniformly Fed						Plate Planer.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Mixers.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Assembly, Belt, Screw.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Tapping Machinery,						Rubber Calender.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Bucket, Sawdust.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Bending Roll.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Screens					
Live Roll, Shaker,						Main Drive.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Air washing, Water.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Reciprocating.....	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3	Auxiliary Drives.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Rotary—stone or gravel,					
Conveyors, Not Uniformly Fed						Metal Forming Machines						Dewatering.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Assembly, Belt,						Draw Bench-carriage						Vibrating.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Oven, Screw.....	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5	& Main Drive.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Grizzly.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Reciprocating.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8	Extruder, Forming Machine,						Shredders	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Shaker.....	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3	Wire Drawing.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Steering Gears	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Cookers—Brewing, Distilling,						Table Conveyors.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8	Stokers	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Food.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Wire Winding, Coilers,						Suction Roll (paper)	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Cranes & Hoist¹	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Slitters.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Textile Machinery					
Crushers—Cane (sugar), Stone, or Ore						Mills, Rotary Type						Dryers, Dyeing Machinery,					
.....	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3	Ball, Kilns, Pebble,						Mangle.....	1.20	1.45	1.20	2.0	1.6
Dredges						Rolling, Tube.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Loom, Spinner,					
Cable reels.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Cement Kilns,						Tenter frames.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Conveyors, Pumps,						Dryers, Coolers.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Tumbling Barrels	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0
Maneuvering Winches.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Tumbling.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Windlass	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Cutter Head Drives.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8	Mixers						Woodworking Mach.	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Dynamometer	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Concrete, continuous.....	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0						
Evaporators	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Muller.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8						
Fans						Paper Mills											
Centrifugal.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Agitator (mixers),											
Cooling Towers.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Reel, Winder.....	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5						
Forced Draft,						Winder.....	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5						
Propeller.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Barker (mechanical),											
Induced draft						Log Haul, Chipper.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3						
w/damper control.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Barking Drum											
Induced draft w/o						(spur gear).....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8						
damper control.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6												

Caution: Applications involving reciprocating engines and reciprocating driven devices are subject to critical rotational speeds which may damage the coupling and/or connected equipment. Contact Lovejoy Engineering with specific requirements.

Con el factor obtenido de la tabla, se calcula el torque de diseño:

$$T_{di} = T_{nom} * Factor \quad (17)$$

$$T_{di} = (108.97 \text{ lb} - \text{in})(1.25)$$

$$T_{di} = 136 \text{ lb} - \text{in}$$

2.4.9.3 Material del que se forma el matrimonio

La selección del material con el que se forma el matrimonio es de gran importancia, debido a que es un elemento que está sometido a varias cargas y este debe ser capaz de soportar, para la selección se toma en cuenta la Tabla 12.

Tabla 12. Selección del material del matrimonio según la temperatura [30].

Characteristics	Temperature Range	Misalignment		Shore Hardness ¹	Dampening Capacity	Chemical Resistance ²	Color
		Angular Degree	Parallel Inch				
SOX (NBR) Rubber – Nitrile Butadiene (Buna N) Rubber is a flexible elastomer material that is oil resistant, resembles natural rubber in resilience and elasticity and operates effectively in temperature range of -40° to 212° F (-40° to 100° C). Good resistance to oil. Standard elastomer. (Also applies to SXB Cushions.)	-40° to 212° F -40° to 100° C	1°	.015	80A	HIGH	GOOD	BLACK
URETHANE – Urethane has greater torque capability than NBR (1.5 times), provides less dampening effect, and operates at a temperature range of -30° to 160° F (-34° to 71° C). Good resistance to oil and chemicals. Not recommended for cyclic or start/stop applications.	-30° to 160° F -34° to 71° C	1°	.015	55D L050-L110 90-95A L150-L225	LOW	VERY GOOD	BLUE
HYTREL® – Hytrel is a flexible elastomer designed for high torque and high temperature operations. Hytrel can operate in temperatures of -60° to 250° F (-51° to 121° C) and has an excellent resistance to oil and chemicals. Not recommended for cyclic or start/stop applications.	-60° to 250° F -51° to 121° C	1/2°	.015	55D	LOW	EXCELLENT	TAN
BRONZE – Bronze is a rigid, porous oil-impregnated metal insert exclusively for slow speed (maximum 250 RPM) applications requiring high torque capabilities. Bronze operations are not affected by extreme temperatures, water, oil, or dirt.	-40° to 450° F -40° to 232° C	1/2°	.010	—	NONE	EXCELLENT	BRONZE

Notes: ■ 1 indicates: NBR standard shore hardness is 80A ±5A – Except L035=60A. Other softer or harder designs are available in NBR material; consult Lovejoy.
 ■ 2 indicates: Chemical Resistance chart shown in Engineering Data Section (page ED-9).

De la tabla se tomará el material denominado NBR para el matrimonio debido a que el motor y la bomba no se recalentará a más de 100 °C.

2.4.9.4. Matrimonio seleccionado

Primero se selecciona acorde a la especificación del matrimonio en función del torque de diseño y el material de la Tabla 13.

Tabla 13. Nomenclatura del matrimonio en función del torque de diseño y material [30].

Size	Max Bore		Spider Material										
			SOX (NBR) Torque		Urethane Torque		Hytrel Torque		Bronze Torque				
	in	mm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs	Nm			
L035	0.375	9	3.5	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L/AL050	0.625	16	26.3	3.0	39	4.5	50	5.60	50	5.60	50	5.60	5.60
L/AL070	0.750	19	43.2	4.9	65	7.3	114	12.90	114	12.90	114	12.90	12.90
L/AL075	0.875	22	90.0	10.2	135	15.3	227	25.60	227	25.60	227	25.60	25.60
L/AL090	1.000	25	144.0	16.3	216	24.4	401	45.30	401	45.30	401	45.30	45.30
L/AL095	1.125	28	194.0	21.9	291	32.9	561	63.40	561	63.40	561	63.40	63.40
L/AL099	1.188	30	318.0	35.9	477	53.9	792	89.50	792	89.50	792	89.50	89.50
L/AL100	1.375	35	417.0	47.1	626	70.7	1,134	128.00	1,134	128.00	1,134	128.00	128.00
L/AL110	1.625	42	792.0	89.5	1,188	134.0	2,268	256.00	2,268	256.00	2,268	256.00	256.00
L150	1.875	48	1,240.0	140.0	1,860	210.0	3,708	419.00	3,708	419.00	3,708	419.00	419.00
AL150	1.875	48	1,450.0	163.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L190	2.125	55	1,728.0	195.0	2,592	293.0	4,680	529.00	4,680	529.00	4,680	529.00	529.00
L225	2.625	65	2,340.0	264.0	3,510	397.0	6,228	704.00	6,228	704.00	6,228	704.00	704.00
L276	2.875	73	4,716.0	533.0	—	—	—	—	12,500	1,412.00	12,500	1,412.00	1,412.00
C226	2.500	64	2,988.0	338.0	—	—	5,940	671.00	5,940	671.00	5,940	671.00	671.00
C276	2.875	73	4,716.0	533.0	—	—	9,432	1,066.00	—	—	—	—	—
C280	3.000	76	7,560.0	854.0	—	—	13,866	1,567.00	—	—	—	—	—
C285	4.000	102	9,182.0	1,038.0	—	—	16,680	1,882.00	—	—	—	—	—
C295	3.500	89	11,340.0	1,281.0	—	—	22,680	2,563.00	22,680	2,563.00	22,680	2,563.00	2,563.00
C2955	4.000	102	18,900.0	2,136.0	—	—	37,800	4,271.00	37,800	4,271.00	37,800	4,271.00	4,271.00
H3067	4.500	114	33,395.0	3,774.0	—	—	47,196	5,333.00	47,196	5,333.00	47,196	5,333.00	5,333.00
H3567	5.000	127	46,632.0	5,269.0	—	—	63,000	7,119.00	63,000	7,119.00	63,000	7,119.00	7,119.00
H3667	5.629	143	64,812.0	7,323.0	—	—	88,200	9,966.00	88,200	9,966.00	88,200	9,966.00	9,966.00
H4067	6.250	159	88,224.0	9,969.0	—	—	126,000	14,237.00	126,000	14,237.00	126,000	14,237.00	14,237.00
H4567	7.000	178	119,700.0	13,525.0	—	—	170,000	19,209.00	170,000	19,209.00	170,000	19,209.00	19,209.00

Observado y analizado la Tabla 13, la nomenclatura seleccionada según los parámetros es el L090 el que está formado por el material NBR y resiste un torque de 144 *lb – in*.

Obtenida la nomenclatura se pasa a la selección del código del matrimonio el cual está en función del diámetro del eje del motor, que se puede observar en la Tabla 14.

Tabla 14. Código del matrimonio [31].

Bore	Keyway	L035	L050	L070	L075	L090	L095	L099	L100	L110	L150	L190	L225	L276
1/8	No Keyway	10124	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/16	No Keyway	10126	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1/4	No Keyway	10127	10205	10416	10680	10786	—	—	—	—	—	—	—	—
1/4	1/8 x 1/16	—	—	—	35744	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5/16	No Keyway	10128	10207	10417	10681	26209	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	No Keyway	24687	10208	10418	10682	10787	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	3/32 x 3/64	—	46121	41985	37234	37235	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	1/8 x 1/16	—	44136	48829	35745	37236	—	—	—	—	—	—	—	—
7/16	No Keyway	—	10209	10419	10683	10788	11082	31297	11505	—	—	—	—	—
7/16	3/32 x 3/64	—	44713	44007	28089	28877	27613	38198	37237	—	—	—	—	—
7/16	1/8 x 1/16	—	—	44066	28875	28876	28879	38199	37238	—	—	—	—	—
1/2	No Keyway	—	10210	10420	10684	10789	11083	11333	11506	—	—	—	—	—
1/2	1/8 x 1/16	—	10211	10421	10685	26087	26088	11334	26089	—	—	—	—	—
9/16	No Keyway	—	10212	52338	10686	24976	37239	11335	11508	—	—	—	—	—
9/16	1/8 x 1/16	—	10213	10423	10687	28876	11084	38200	11509	—	—	—	—	—
5/8	No Keyway	—	10214	24771	44322	46052	41911	44174	44291	11739	12101	—	—	—
5/8	5/32 x 5/64	—	—	51104	37240	37241	37242	38201	37243	37244	37245	—	—	—
5/8	3/16 x 3/32	—	—	10424	10688	10771	11085	11336	11510	26211	26212	—	—	—
11/16	3/16 x 3/32	—	—	10425	10689	10772	11086	11337	11511	11734	12102	—	—	—
3/4	No Keyway	—	—	46116	56140	54282	56887	49705	45212	—	—	12285	12422	—
3/4	1/8 x 1/16	—	—	51719	35881	37246	37074	38202	37247	37248	37249	37250	—	—
3/4	3/16 x 3/32	—	—	10426	10690	10773	11087	11338	11512	11735	12103	38468	35882	—
13/16	3/16 x 3/32	—	—	—	10691	10774	11088	11339	11513	11736	12104	37252	37255	—
7/8	No Keyway	—	—	—	56941	—	—	59053	—	—	—	—	—	12582
7/8	3/16 x 3/32	—	—	—	10692	10775	11089	11340	11514	11737	12105	12286	12423	12585
7/8	1/4 x 1/8	—	—	—	—	38188	35747	38203	35686	35749	35750	37256	35753	54883
15/16	1/4 x 1/8	—	—	—	—	32332	11090	11341	11515	11738	12160	12287	12424	—
1	1/4 x 1/8	—	—	—	—	31296	11091	11342	11516	11739	12107	12288	12425	12586
1	3/16 x 3/32	—	—	—	—	37257	37258	38204	37259	37260	37261	37262	37263	—
1-1/16	1/4 x 1/8	—	—	—	—	—	11092	11343	11517	11740	12108	12289	12426	—
1-1/8	1/4 x 1/8	—	—	—	—	—	11093	11344	11518	11741	12109	12290	12427	12587
1-3/16	1/4 x 1/8	—	—	—	—	—	—	11345	11519	11742	12110	12291	12428	—
1-1/4	1/4 x 1/8	—	—	—	—	—	—	—	11520	11743	12111	12292	12429	12588
1-1/4	5/16 x 5/32	—	—	—	—	—	—	—	35748	35752	35751	37294	35754	12589
1-5/16	5/16 x 5/32	—	—	—	—	—	—	—	11521	11744	12112	12293	26090	—
1-3/8	5/16 x 5/32	—	—	—	—	—	—	—	11522	11745	12113	12294	12430	12590
1-3/8	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	44348	37265	37266	37267	37568	46758
1-7/16	3/8 x 3/16	—	—	—	—	—	—	—	—	11746	12114	12295	12431	12591

El código que cumple con todas las especificaciones de diseño es el 10769, por tanto, el matrimonio adecuado para el sistema es el L090-10769 como se muestra en la Figura 35.

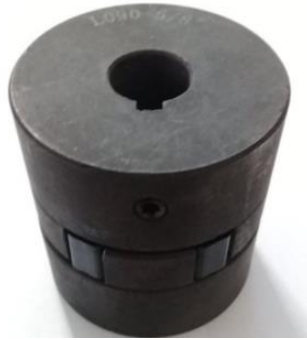


Figura 35. Acople matrimonio L090-10769.

2.5. Elementos hidráulicos de un nuevo sistema

Estos componentes se han seleccionado en base a los cálculos realizados anteriormente, tomando en cuenta que la presión máxima de trabajo de la unidad hidráulica es de 3000 PSI, por ende, todos los componentes seleccionados tienen la capacidad de trabajo superior a los 3000 PSI, garantizando una mayor vida útil a la unidad hidráulica y un funcionamiento adecuado.

2.5.1. Bomba hidráulica

La bomba seleccionada es una bomba de engranes 4CC modelo HN hidraulic 2APF 05L32, como se puede observar en la Figura 36, este tipo de bomba tiene una presión máxima de 3000 PSI, para la selección del mismo se analizó los cálculos matemáticos realizados anteriormente.



Figura 36. Bomba hidráulica de engranaje.

Este tipo de bombas son de caudal fijo, son capaces de trabajar a presiones de hasta 3600 PSI o 250 bar con una velocidad de hasta 6000 rpm. Con un caudal de 250 cc/rev aproximadamente, de esa manera la bomba brinda una alta confiabilidad y tecnología.

En la Figura 37, se puede observar el esquema de la bomba de engranaje, en la cual el engrane motriz 1 por la chaveta al árbol de arrastre está generalmente accionado por un motor de tipo eléctrico, las tuberías A que es de succión y B que es de presión son conectadas a cada uno de los lados de la bomba respectivamente [14].

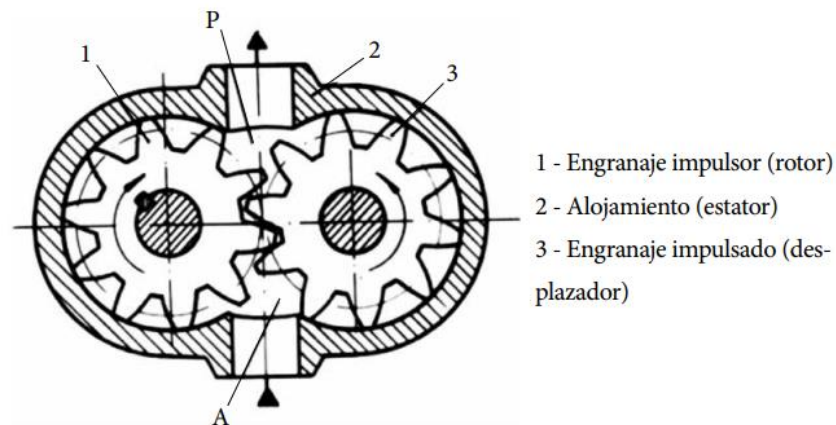


Figura 37. Representación esquemática de la bomba de engranajes [14].

2.5.2. Motor hidráulico

El motor hidráulico se seleccionó en base a los cálculos realizados con anterioridad, llegando a determinar una potencia de 3HP del motor, tomando en cuenta que el coeficiente para el motor es de 0.9, así que:

$$P_m = \frac{2 \text{ HP}}{0.9}$$

$$P_m = 2.22 \text{ HP}$$



Figura 38. Motor hidráulico 3HP trifásico SIEMENS [32].

Se ha seleccionado un motor de 3HP relacionada con la potencia en los catálogos ya existentes dentro del mercado, como se muestra en la Figura 38 (Motor hidráulico 3HP trifásico SIEMENS), además tiene 220V/380V/440V de entrada y una velocidad de 1735 rpm, en el ANEXO 02 del catálogo SIEMENS se puede observar la selección del tipo del motor eléctrico trifásico y sus respectivas características [32].

2.5.3. Filtro de succión

En la selección del filtro, se debe tomar aspectos importantes como el tamaño de la rosca hembra en la cual va el filtro, el modelo depende del tamaño de la rosca. El componente seleccionado es un filtro de succión SC2-010 como se muestra en la Figura 39, con rosca hembra de 1 pulgada de diámetro [33], en el ANEXO 03 del catálogo HYDROMECHANICA del Ecuador S.A. se puede observar la selección del tipo de filtro de succión y sus respectivas características.

Estos filtros son instalados en las líneas de bombeo, debido a que su función es mantener limpio el aceite para evitar cualquier fallo en las bombas, de igual manera para evitar el pase de cualquiera impureza en el fluido se utilizan coladores en la entrada del depósito de aceite, los coladores son fabricados en tela metálica, las cuales son instaladas en la boca del tanque de llenado o depósito, por otra parte, los filtros poseen un material poroso por el cual retienen las impurezas que contienen el aceite/fluido a utilizar en el sistema, al utilizar este tipo de componente se reduce al máximo la contaminación del aceite desde el ingreso del fluido hasta que ingrese al sistema, tomado en cuenta que el filtro retiene impurezas que oscilan entre los 10 μm y 149 μm , mientras las partículas sólidas de impurezas son de mayor tamaño, el daño en el sistema es mayor [33].



Figura 39: Filtro de succión hidrolínea SC2-010.

Las características del filtro de succión hidrolínea SC2-010 son:

- Un componente reutilizable formado con acero inoxidable.
- Su construcción es con acero metálico de tipo robusta.
- Su filtración es de 149 μm .
- La temperatura máxima de trabajo es de 80 grados centígrados.
- Es adecuado para trabajar con aceite mineral/hidráulico.
- Su envoltura es magnética flexible disponible.

2.5.4. Sub placa cetop 3

El componente seleccionado es una placa cetop 3 NTP 3/8 de pulgadas del puerto inferior para electroválvulas, como se muestra en la Figura 40, puede soportar presiones de hasta 5000 PSI, en el ANEXO 04 del catálogo HYDROMECHANICA del Ecuador S.A. se puede observar la selección de la placa cetop 3 y sus respectivas características [34].



Figura 40: Sub Placa cetop 3.

2.5.5. Válvula alivio cetop

Las válvulas son uno de los componentes más importantes para el sistema hidráulico después del motor y las bombas [17]. Con este componente se puede realizar control múltiples, automáticas y complejas, dependiendo de la selección del diseñador, las cuatro funciones de las válvulas pueden ser de acuerdo a su clasificación; válvulas de control de presión, caudal, dirección y válvulas de bloqueo.

La válvula de alivio seleccionada en este diseño es de la serie MRV-02-P-320 cómo se puede observar en la Figura 41, el componente tiene un rango de presión para trabajo de $320 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ que es equivalente a 4552 PSI, por lo cual el componente es adecuado,

puesto que en los cálculos realizados anteriormente para la selección de la válvula de alivio es de $P_{va} = 3150 \text{ PSI}$ [35].

La válvula de alivio tiene como función principal aliviar la presión del sistema hidráulico desde la línea A, B o P a la línea T, este tipo de válvula brinda una mayor seguridad a la unidad hidráulica, en ésta se puede regular la presión utilizando directamente la perilla giratoria manual, en el ANEXO 05 de catálogo STEED HYDRAILIC TECHNOLOGY de Guatemala se puede observar la selección de la válvula de alivio MRV-02-P-320 y sus características más importantes como el rango máximo de presión, la acción, conexión de rosca y el nombre del modelo [35].



Figura 41. Válvula de alivio cetop serie MRV-02-P-320.

Características principales de la válvula de alivio cetop MRV-02-P-320 son:

- Presión de trabajo de 320 BAR que es igual a 4570 PSI.
- Patrón de montaje: MRV-02-NG6/Cetop-3.
- Tiene 5 rangos del ajuste de la presión.
- Se puede regular la presión mediante una perilla de ajuste.
- Caudal 50 lpm/13.2 gpm como máximo.
- Temperatura del fluido a utilizar como mínimo de $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y como máximo de $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

En la Figura 42 se puede observar el esquema transversal de la válvula de alivio MRV-02-P-320 con las respectivas partes que componen a la misma [36].

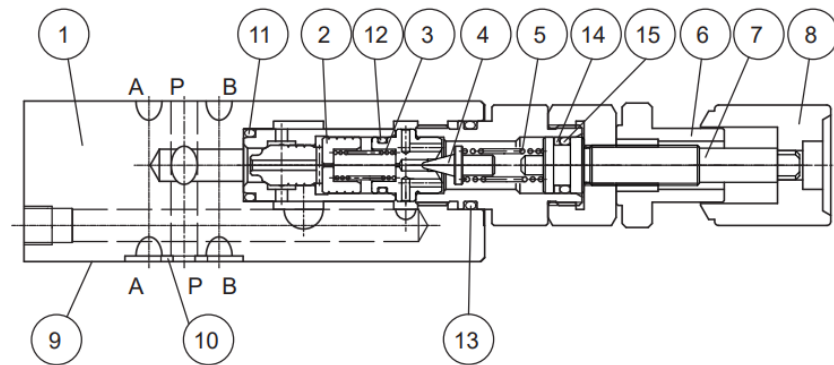


Figura 42: Esquema de la sección trasversal de la válvula de alivio cetop serie MRV-02-P-320.

La sección transversal de la válvula de alivio MRV-02-P-320 [36]:

1. Cuerpo
2. Obturador equilibrado
3. Muelle del obturador equilibrado
4. Obturador de la válvula piloto
5. Muelle de ajuste
6. Tuerca de bloqueo
7. Tornillo de ajuste
8. Elemento de ajuste
9. Conexiones según DIN 24340 a partir de A6; tornillos de fijación de la válvula M5 DIN 912-10.9 par de apriete 8~9 Nm.
10. Junta tórica 1B-P9 para puertos A, B, P y T
11. Junta tórica 1B-P14
12. Junta tórica 1B-AS013
14. Junta tórica 1A-P10A
15. Junta tórica BU-P10A

2.5.6. Electroválvula

Este componente regula y controla el caudal de un determinado sistema, especialmente los sistemas hidráulicos, controlando el fluido que va a circular por el sistema, en este caso el aceite, proporcionando la presión al sistema al abrir y cerrar el orificio del cuerpo principal de esta válvula, en la Figura 43, se puede observar la electroválvula seleccionada para el sistema hidráulico de la serie BHW6 [37].



Figura 43. Electroválvula tanden 220V HN BHW6G R220L.

Operación de la Electroválvula BHW6

- Distribuidor de 4/2 vías, con retención:

2 solenoides y 2 posiciones de corredera, con los solenoides la corredera permanece en la última posición conmutada.

- Distribuidor de 4/2 vías, desplazado por resorte:

1 electroimán y 2 posiciones de corredera, con el solenoide la corredera vuelve a la posición desplazada.

- Distribuidor de 4/3 vías, centrado por resorte:

2 solenoides y 3 posiciones de corredera, con los solenoides la corredera vuelve a la posición central.

En el ANEXO 06 se puede observar el catálogo TUCSON HYDROCONTROLS de la selección de la electroválvula tanden 220V HN BHW6G R220L [37].

2.5.7. Manómetro

El manómetro es un instrumento muy importante en la toma de mediciones de presión en la máquina que se encuentre realizando dicha acción mediante la aplicación de una determinada presión, la cual indica la presión en su conexión. También existen otros tipos de manómetros como son los diferenciales, en este tipo se puede identificar la diferencia de la presión entre la conexión realizada izquierda-derecha [38].

El componente seleccionado es el manómetro M-3000 con un rango de 0-3000PSI IFP con glicerina, como se puede observar en la Figura 44, según el catálogo HYDROMECHANICA del Ecuador S.A. como se muestra en el ANEXO 07 [38].



Figura 44. Manómetro con glicerina.

Las características principales del manómetro M-3000 son:

- Contiene glicerina
- Material que lo conforma es de acero inoxidable
- Dial con rosca de aluminio
- Rango de medición PSI/Bar
- Tubo (Bourdon de bronce)
- Conexión interior con rosca de ¼ NPT
- Amortiguador de la parte interna c/w de 5 mm
- Su precisión es de +2% - 23°F
- Diámetro del manómetro de 2 1/2 in

2.5.8. Filtro de retorno

El filtro de retorno seleccionado es el tipo HN hydraulic 921999 (IFR4-04) como se puede observar en la Figura 45, según el ANEXO 08 [39] del catálogo HYDROMECHANICA del Ecuador S.A. en la cual se puede observar la selección del tipo de filtro de retorno, tomando en cuenta las características principales del componente, como el tipo tamaño de roscado, el material por la cual está formado el componente, micras de filtración, entre otros [40].



Figura 45. Filtro de retorno HN hydraulic 921999 (IFR4-04).

Características del filtro de retorno HN hydraulic 921999 (IFR4-04) son:

- La cabeza del filtro es de aluminio fundido.
- Cinco tamaños de filtros que fluyen a 200 LPM.
- La presión máxima de 10 BAR, presión de prueba 15 BAR, presión al máximo 20 BAR.
- Bypass standard de succión 0.2 BAR.
- Temperatura máxima de 80 °C.
- Uso exclusivo para aceites a base de petróleo/mineral.

La función principal de filtro de retorno es retener los contaminantes y partículas que pueden llevar a reducir la vida útil del sistema hidráulico, este filtro en la parte interna está formado por material poroso en el cual, se retiene las impurezas que puede tener el aceite como polvo, agua, hilos, fibras, partículas del deterioro de la pintura, entre

otros, de esa manera se podrá trabajar con un fluido libre de cualquier contaminante y se alarga la vida útil de la unidad hidráulica, con una capacidad de filtración de 10 a 160 μm [40].

2.5.9. Base de filtro

La base para el filtro es del tipo SAF 07-IFR2.12V de 1-1/2 de pulgadas como se muestra en la Figura 46, según el ANEXO 09 [27] del catálogo HYDROMECHANICA del Ecuador S.A. en el cual, se puede observar la selección del tipo de base del filtro, tomando en cuenta las características principales del componente como el tipo-tamaño de roscado, el material por la cual está formado el componente, entre otros [27].



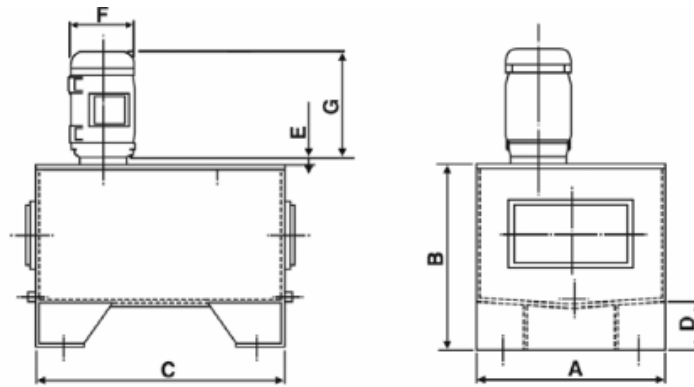
Figura 46. Base para filtro SAF 07-IFR2 1-1/2 in.

2.5.10. Tanque reservorio

Para el diseño del depósito de la unidad debe contener de 3 a 5 veces el caudal máximo de la bomba por minuto, como se mencionó anteriormente en el capítulo 1, llegando a determinar el volumen del depósito de:

$$V_D = 0.3 \text{ gal} \approx 1.14 \text{ l}$$

Una vez calculado el volumen del depósito de la unidad hidráulica con el cual se puede poner en funcionamiento, se procede a construir el tanque de almacenamiento con una capacidad máxima de 20 litros (5 galones), para obtener las medidas para el diseño y construcción del tanque se utilizó tablas normalizadas del dimensionamiento del tanque de almacenamiento para el aceite hidráulico como se puede observar en la Figura 47, el material utilizado para su construcción es placas de acero ASTM A36 con un espesor de 3 mm.



Reservatório (litros)	Dimensões (mm)				
	A	B	C	D	E
20	330,0	327,0	430,0	87,5	13,0



Figura 47. Diseño y construcción del tanque de almacenamiento.

Una de las funciones principales del tamaño de la construcción del depósito es para acondicionar el fluido, lo que permite tener suficiente espacio para almacenar el fluido y mantener a una temperatura adecuada, es recomendable construir un tanque de almacenamiento grande, superior a la capacidad de diseño requerida con el fin de facilitar el enfriamiento del aceite y la fácil superación de los contaminantes en el depósito.

2.5.11. Tapa filtro

La tapa filtro desairadora es un componente que tiene un filtro de acero inoxidable, la cual evita el ingreso de impurezas en el aceite que va ingresando al tanque, de esa manera se previene la corrosión de la parte interna del tanque y a su vez para mantener el sistema limpio y libre de cualquier contaminante, las mallas metálicas del filtro retienen pequeños residuos sólidos como son; tornillos, limallas, entre otros, para luego retirarlos con mayor facilidad, el componente seleccionado es un tapa filtro desairadora modelo TBA 05 como se puede observar en la Figura 48, según el catálogo HYDROMECANICA del Ecuador S.A. como se muestra en el ANEXO 10 [41].



Figura 48. Tapa Filtro desairadora TBA 05.

Las características principales de la tapa filtro desairadora modelo TBA 05 son [41]:

- Capacidad de filtración de 40 um estándar y 10-3 um opcional.
- La construcción del molde y los respiradores son en aluminio.
- El aire fluye a 750 LPM / 25 CFM.
- La formación del componente de la parte externa es de aluminio.
- Colador metálico con una medida estándar de 4 in (opcional 6 y 8 pulgadas).
- En el paquete filtro incluye juntas y tornillos (10/32).

2.5.12. Visor de nivel

El visor de nivel con glicerina es de 3 pulgadas entre el centro de los pernos como se muestra en la Figura 49, según el catálogo HYDROMECANICA del Ecuador S.A. como se muestra en el ANEXO 11 [42], es un componente que va en la parte externa del tanque, la cual permite conocer el nivel del fluido, estos componentes son

fabricados con materiales de alta calidad, de esa manera se garantiza la durabilidad. Este indicador de nivel de 3 pulgadas permite visualizar un óptimo llenado y temperatura del aceite que contenga el tanque [42].



Figura 49. Visor de Nivel 3 in LG2.

Las características principales de un visor nivel de 3 pulgadas son:

- Clasificación de tres tipos de visor de nivel de 3 in, 5 in, 10 in entre centro de los pernos M10.
- Modelo LG2
- Este tipo de componente es para tanques no presurizados.
- Es un visor en la cual se puede observar el llenado y la temperatura del aceite del taque.
- Su ensamble se lo puede realizar en agujeros con cinta.
- Es un componente adecuado para aceites ya sea de base mineral o sintético.
- La temperatura máxima de visualización es de 80 °C.

2.5.13. Acoples y mangueras

La selección de este tipo de componentes se realizó en base a los cálculos realizados anteriormente, llegando a determinar que las mangueras y acoples a utilizar es de $\frac{1}{2}$ in de diámetro como se puede visualizar en la Figura 50, estos componentes deben superar la presión de 3000 PSI debido a que la unidad hidráulica va a trabajar a una presión de 2700 PSI, por lo tanto, las mangueras seleccionadas soportan presiones de

6165 PSI como máximo, ver ANEXO 12 en la cual se realizó la selección de las mangueras hidráulicas [43].



Figura 50. Mangueras hidráulicas SAE 100R12 de ½ in.

2.5.14. Cilindro hidráulico

Para la selección de este cilindro hidráulico se debe analizar la presión requerida por el sistema y los cálculos realizados para el diseño de la máquina. Un cilindro hidráulico está formado por un cuerpo tubular, tiene dos cabezales con un tipo de junta de estanquidad, por uno de los cabezales pasa el vástago y el otro el pistón, se ha seleccionado un cilindro hidráulico HN hydraulic HCW 2.5x8” de doble efecto, como se puede observar en la Figura 51, que tiene como función entregar presión a ambas caras del pistón, provocando un movimiento de doble sentido [17], siendo la capacidad máxima de la bomba de presión de 3000 PSI.



Figura 51. Cilindro hidráulico HN hydraulic HCW 2.5x8”.

Las dimensiones obtenidas para la selección del cilindro hidráulico son del catálogo HYDROMECHANICA del Ecuador S.A., estos cumplen la norma ISO 6022 para pistones como se puede observar en la Figura 52.

2.5" Bore		Welded Double Acting Hydraulic Cylinders Clevis End 3000 PSI							
SKU	BORE (INCH)	STROKE (INCH)	ROD Ø (INCH)	RETRACTED (INCHES)	EXTENDED (INCHES)	PIN Ø (INCH)	PORT SIZE	COLUMN LOAD LBS	WEIGHT LBS
WCL 2.5x4	2.5	4	1.25	14.25	18.25	1	SAE 8	14,700	15.87
WCL 2.5x6	2.5	6	1.25	16.25	22.25	1	SAE 8	14,700	17.64
WCL 2.5x8	2.5	8	1.25	18.25	26.25	1	SAE 8	14,700	19.40

Figura 52. Dimensiones del cilindro hidráulico 2.5x8” [39].

2.6. Selección del PLC

El PLC seleccionado es de la familia OMRON modelo CPM1 cómo se puede observar en la Figura 53, la cual cumple con todo lo requerido para poder cargar el programa y que empiece el funcionamiento del dispositivo, brindando un control a toda la unidad hidráulica, de esa manera se podrá controlar los tiempos y los ciclos de la entrada y salida del pistón hidráulico de la máquina.



Figura 53. PLC OMRON SYSMAC CPM1.

En la tabla 15 se muestra las características generales del PLC CPM1:

Tabla 15. Características generales del PLC CPM1 [44].

Item		10-puntos de E/S	20-puntos de E/S	30-puntos de E/S	40-puntos de E/S
Tensión de alimentación/Frecuencia	Fuente de A. c.a.	100 a 240 Vc.a., 50/60 Hz			
	Fuente de A. c.c.	24 Vc.c.			
Rango de tensión de operación	Fuente de A. c.a.	85 a 264 Vc.a.			
	Fuente de A. c.c.	20.4 a 26.4 Vc.c.			
Consumo	Fuente de A. c.a.	30 Vc.a. máx.		60 Vc.a. máx.	
	Fuente de A. c.c.	6 W máx.		20 W máx.	
Corriente		30 A máx.		60 A máx.	
Fuente de alimentación externa (sólo c.a.)	Tensión de alimentación	24 Vc.c.			
	Tensión de alimentación	200 mA		300 mA	
Resistencia de aislamiento		20 M Ω mín. a 500 Vc.c. entre terminales de c.a. y terminal de tierra.			
Rigidez dieléctrica		2,300 Vc.a. a 50/60 Hz durante 1 minuto con una corriente de fuga de 10 mA máx. entre terminales externos de c.a. y el terminal de tierra.			
Resistencia al ruido		1,500 V (p-p) con una anchura de impulso de 0.1 a 1 μ s, y 1-ns de tiempo de subida (por simulador de ruido)			
Resistencia a vibraciones		10 a 57 Hz con una amplitud de 0.075 mm, y de 57 a 150 Hz con una aceleración de 9.8 m/s ² (1 G) en las direcciones X, Y, y Z durante 80 minutos en cada una de ellas (durante 8 minutos, 10 veces).			
Resistencia a golpes		147 m/s ² (15G's) en las direcciones X, Y y Z, 3 veces en cada una de ellas.			
Temperatura ambiente (operación)		0° a 55°C			
Humedad ambiente (operación)		10% a 90% (sin condensación)			
Condiciones ambientales (operación)		Libre de gases corrosivos			
Temperatura ambiente (almacenaje)		-20° a 75°C			
Tornillos de terminales		M3			
Tiempo de mantenimiento de alimentación ante cortes momentáneos		10 ms mín. para modelos de c.a., y 2 ms mín. para modelos de c.c.			
Peso	Modelo de c.a.:	400 g máx.	500 g máx.	600 g máx.	700 g máx.
	Modelo de c.c.:	300 g máx.	400 g máx.	500 g máx.	600 g máx.

2.6.1. Programación del PLC

Para realizar la programación del PLC, primero se realizó un análisis del programa que se desea desarrollar y cargar al componente, en el ANEXO 13 se puede observar los datos previos a la realización del programa para el PLC, en este caso se necesita un programa en el que se pueda controlar el tiempo y los ciclos de entrada y salida del pistón hidráulico, para ello se realizó el programa en un software especializado como se muestra en la Figura 54, una vez concluido con la realización del programa se realizó las pruebas de simulación en el mismo software, de esa manera se verifica que el código realizado esté correcto como se observa en la Figura 55.

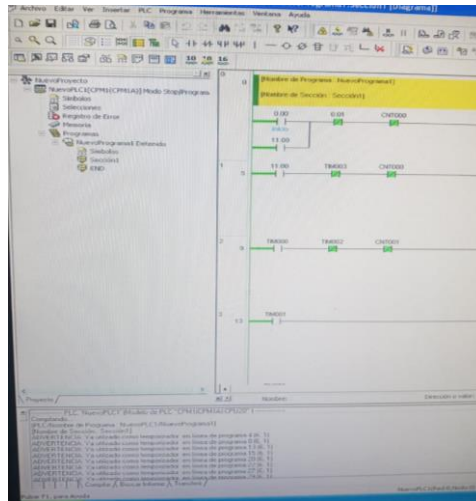


Figura 54. Programación para PLC (electroválvula).

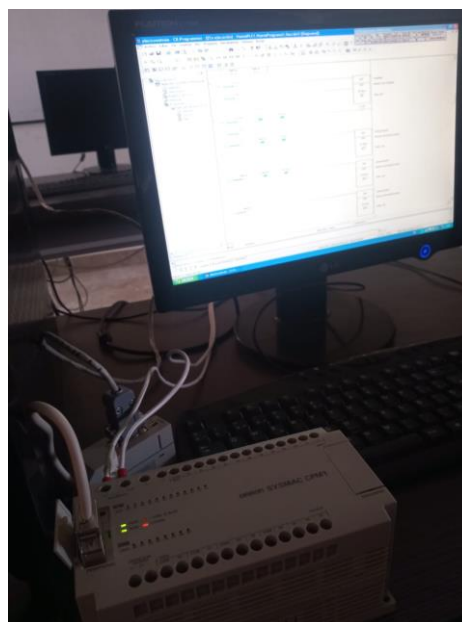


Figura 55. Simulación del programa en el PLC.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Montaje de la unidad hidráulica

En el diseño y construcción de la unidad hidráulica se utilizó varios componentes como se puede observar en la Tabla 15, de esa manera se ha dado origen a una nueva unidad hidráulica, también se debe considerar que la selección de cada uno de los componentes es de vital importancia para el correcto funcionamiento de la unidad hidráulica diseñada, en esta fase de la selección de componentes se lo realiza posterior a todos los cálculos matemáticos ya realizados. De tal manera se ha decidido realizar una breve descripción del montaje de la unidad hidráulica y su respectivo ensamble.

3.2. Características técnicas de los componentes de la nueva unidad hidráulica

Una vez ya seleccionado cada uno de los componentes de la unidad hidráulica en base a los cálculos ya desarrollados, se procedió a realiza la Tabla 16 en la cual se muestra las características técnicas de cada uno de los elementos que forman el sistema.

Tabla 16. Características técnicas de los componentes de la nueva unidad hidráulica.

Componentes de la nueva unidad hidráulica		
Cantidad	Componente	Características técnicas
1	Presión máxima de la unidad hidráulica	2700 PSI
1	Bomba hidráulica	3000 PSI o 250 bar
1	Caudal del sistema	0.3 GPM
1	Motor hidráulico	HP: 3 A: 8.7/5.1 Hz: 60 r/min: 1735 V: 220VDD/380VYY/440VD

Tabla 16. Características técnicas de los componentes de la nueva unidad hidráulica.
Continuación.

1	Filtro de succión	Filtración de 10 um – 149 um
1	Sub placa cetop 3	NTP 3/8 in
1	Válvula de alivio cetop	Presión: 4552 PSI Caudal: 50 lpm/13.2 gpm
1	Electroválvula tanden	Distribuidor de 4/2 vías Distribuidor de 4/3 vías Voltaje: 220 V
1	Manómetro	Con glicerina Presión de trabajo: 3000 PSI NTP: ¼
1	Filtro de retorno	Presión: 10 bar- máximo 20 bar Temperatura: 80°C máximo Filtración: 10- 160 um
1	Base de filtro	1-1/2 in
1	Tanque de reservorio	Capacidad: 20 litros (5 gal) Tanque cerrado
1	Tapa filtro	Filtración: 40 um
1	Visor de nivel	Con Glicerina Temperatura: 80°C
1	Acoples y mangueras	Diámetro: ½ in Modelo de manguera: SAE 100R12 Presión: 6165 PSI

Tabla 16. Características técnicas de los componentes de la nueva unidad hidráulica.
Continuación.

1	Cilindro hidráulico de doble efecto	Carrera: 20 mm Espacio total disponible: 280 mm Diámetro del vástago: 0.0355 m Diámetro del cilindro: 0.0635 m Acople para montaje: Brida trasera
1	Matrimonio (Unión motor bomba)	Modelo de componente: L090-10769/L100
1	Aceite hidráulico	Tipo de aceite hidráulico: ISO 68 Marca: BIOFACTOR

Se debe considerar que las características técnicas se obtuvieron de las fichas técnicas de diferentes catálogos existente en el mercado nacional, seguidamente se va a mostrar las fotografías del ensamble de la nueva unidad hidráulica con los componentes ya seleccionados.



Figura 56. Unidad hidráulica preensamblada.



Figura 57. Unidad hidráulica preensamblada con el filtro de retorno y sub placa cetop 3.



Figura 58. Diseño y construcción del depósito de la unidad hidráulica.



Figura 59. Unidad hidráulica preensamblada con motor, bomba, filtro de succión y matrimonio.



Figura 60. Unidad hidráulica preensamblada con manómetro, visor de nivel, válvula de alivio, electroválvula, tapa filtro, mangueras hidráulicas y el cilindro.

3.3. Montaje del tablero del control automático

La nueva unidad hidráulica diseñada y construida, necesita ser controlada de manera automática o manual, de tal manera se procedió con la construcción del tablero de control automático para el sistema, de igual manera se debe considerar que la selección de cada uno de los componentes es de vital importancia para el correcto funcionamiento del control de la salida del pistón a una determinada presión y sus

respectivos ciclos de salida según las normas ya estudiadas. A continuación, se realiza una breve descripción de la construcción del tablero de control y su respectivo ensamble.

3.3.1. Características técnicas de los componentes del tablero de control

Una vez ya seleccionado cada uno de los componentes que formaran el tablero de control, se procedió a realiza la Tabla 17 en la cual se muestra las características técnicas de cada uno de los elementos que forman el sistema.

Tabla 17. Características técnicas de los componentes del tablero de control.

Componentes del tablero de control		
Cantidad	Componente	Características técnicas
6	Pulsador/es	NC NA
1	Contactador	12 A 220 V
1	Fuente conmutada	110V-24V/8 ^a
1	PLC	Modelo: OMRON Autómata programable
2	Relay/s	250 V 7 A

Seguidamente se va a mostrar las fotografías del ensamble del sistema de control con sus respectivos componentes.



Figura 61. Sistema de control preensablada.



Figura 62. Sistema de control preensablada con contactor, fuente, relay y PLC.

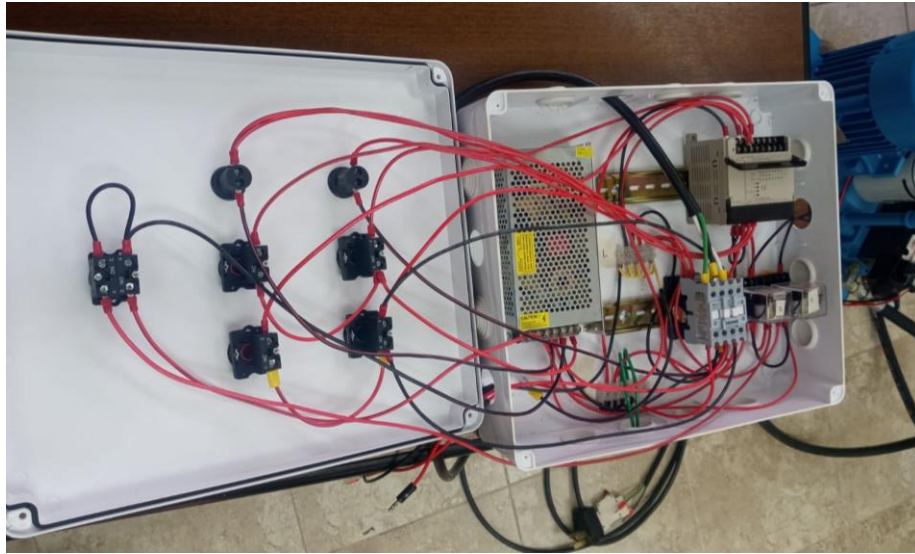


Figura 63. Sistema de control preensablada con todas las conexiones eléctricas.



Figura 64. Sistema de control puesto en marcha.

Una vez realizado la respectiva verificación de cada una de las partes, que es la unidad hidráulica y el sistema de control, se procedió a realizar las conexiones eléctricas para poder controlar a la unidad hidráulica: la salida y entrada del vástago en un determinado tiempo, en la Figura 65 se puede observar en ensamble final de la unidad hidráulica y su mando de control automático.



Figura 65. Sistema hidráulico para una máquina de pruebas para conexiones metálicas viga-columna (ensamble final).

3.3.2. Consideraciones eléctricas

En las consideraciones eléctricas se debe analizar los aspectos mínimos, debido a que estas deben ser realizadas con cables que resistan el voltaje que se va a utilizar en el equipo, de esa manera se evitará cualquier riesgo eléctrico o incendios dentro de la caja de control, al realizar las conexiones al PLC es recomendable utilizar cable flexible N° 12 de cobre AWG para tener una mayor seguridad dentro del sistema eléctrico.

Al realizar las conexiones eléctricas se debe tener un buen contacto eléctrico, por lo cual se mencionan algunas sugerencias que se ha puesto en práctica:

- Utilizar terminales adecuados en la conexión de los cables.
- Utilizar pernos de sean de cobre para el punto tierra de las conexiones.
- Realizar un ajuste de pernos de manera eficiente.
- Verificar que los cables no están pelados y se puedan chocar entre sí.
- Utilizar cables de colores para distinguir las fases.
- Proteger todos los cables que estén desnudos.

- Utilizar un multímetro para identificar la línea-neutro y evitar un cortocircuito en el sistema eléctrico.

3.4. Pruebas de funcionamiento

Para las pruebas de funcionamiento se basó en la norma AISC 341 que nos permite realizar pruebas cíclicas de calificación de conexiones de momento viga-columna en SMF, IMF, C-SMF y C-IMF [45], se realizará controlando el ángulo de deriva del piso, θ , impuesto en la muestra de ensayo, como se especifica en la Tabla 18.

Tabla 18. Norma AISC 341 conexiones de momento viga-columna.

	Ciclos	Angulo (θ)
a	6	0.00375
b	6	0.005
c	6	0.0075
d	4	0.01
e	2	0.015
f	2	0.02
g	2	0.03
h	2	0.04

Si es necesario seguir con la prueba se debe realizar incrementos del ángulo de deriva de 0.01 rad, con dos ciclos de carga en cada paso.

En esta parte es importante realizar pruebas de funcionamiento de la unidad hidráulica, la cual va a ser instalada en una estructura metálica dando como resultado una máquina para pruebas de conexiones metálicas viga-columna.

Prueba 1

En la Tabla 19 se puede observar el desplazamiento calculado vs el desplazamiento real, para esta prueba se realizó tres ensayos de funcionamiento por cada ángulo de deriva, llegando a obtener un promedio del desplazamiento real y a su vez se calculó el porcentaje de error, este debe ser menor al 1%.

Tabla 19. Datos de la prueba 1 de funcionamiento.

Ciclos	Longitud(mm)	Angulo (rad)	Despazamiento Calculado (mm)	Prueba 1				
				Despazamiento Real (mm)			Promedio D.R (mm)	%error
6	2500	0.00375	9.38	9.2	9.5	9.4	9.37	0.089
6	2500	0.005	12.5	12.2	12.5	12.5	12.40	0.801
6	2500	0.0075	18.75	18.4	18.6	18.9	18.63	0.624
4	2500	0.01	25	24.9	25.3	25.4	25.20	0.797
2	2500	0.015	37.503	45	46	44	45.00	19.991
2	2500	0.02	50	70	71	69	70.00	39.981
2	2500	0.03	75	90	92	91	91.00	21.297
2	2500	0.04	100	130	135	131	132.00	31.930

Prueba 2

En los cuatro últimos ciclos se pudo observar que se tuvo un porcentaje de erros mayor al 1%, por lo que se requiere una calibración en los tiempos de entrada y salida del vástago, en la Tabla 20 se puede observar los datos que se obtuvieron después de la calibración de tiempos.

Tabla 20. Datos de la prueba 2 de funcionamiento.

Ciclos	Longitud(mm)	Angulo (rad)	Despazamiento Calculado (mm)	Prueba 2				
				Despazamiento Real (mm)			Promedio D.R (mm)	%error
6	2500	0.00375	9.38	9.4	9.5	9.3	9.40	0.266
6	2500	0.005	12.5	12.1	12.6	12.5	12.40	0.801
6	2500	0.0075	18.75	18.9	18.1	20	19.00	1.331
4	2500	0.01	25	24.8	25.3	25.5	25.20	0.797
2	2500	0.015	37.503	37.2	37	37.6	37.27	0.630
2	2500	0.02	50	49.8	50.2	51	50.33	0.653
2	2500	0.03	75	80	82	81	81.00	7.968
2	2500	0.04	100	114	116	118	116.00	15.938

Prueba 3

Una vez realizado todas las pruebas anteriores, seguimos con errores mayores al 1%, por lo que se requiere una segunda calibración de datos, en la Tabla 21 se muestra los datos obtenidos después de la calibración 2.

Tabla 21. Datos de la prueba 3 de funcionamiento.

Ciclos	Longitud(mm)	Angulo (rad)	Despazamiento Calculado (mm)	Prueba 3				
				Despazamiento Real (mm)			Promedio D.R (mm)	%error
6	2500	0.00375	9.38	9.2	9.5	9.3	9.33	0.445
6	2500	0.005	12.5	12.2	12.6	12.5	12.43	0.534
6	2500	0.0075	18.75	18.5	18.6	18.8	18.63	0.624
4	2500	0.01	25	24.9	25.2	25.5	25.20	0.797
2	2500	0.015	37.503	37.3	37.1	37.6	37.33	0.452
2	2500	0.02	50	49.9	50	51	50.30	0.587
2	2500	0.03	75	74.8	75.8	75.5	75.37	0.459
2	2500	0.04	100	99	101	98	99.33	0.720



Figura 66. Pruebas de funcionamiento de la máquina.

Al finalizar con esta última prueba se logró obtener resultados con un porcentaje de error menor al 1%, en todos sus ángulos de deriva.

Por lo que podemos decir que la máquina funciona de forma adecuada cumpliendo con la norma AISC 341, con presión máxima de 2700 PSI.

Adicionalmente se pudo verificar los siguientes datos de funcionamiento de la unidad hidráulica.

- Velocidad del vástago de 100 mm/min.
- Rango de trabajo de la unidad hidráulica a una presión de 2700 PSI como máximo.
- El código de programación que fue instalada en el PLC funciona correctamente, llegando a cumplir todas las funciones que se deseaba obtener.

3.6. Manual de uso

Antes de poner en marcha la unidad hidráulica se debe tomar en cuenta aspectos importante para su manipulación, como son:

1. La unidad hidráulica se debe conectar a un enchufe trifásico 220 V AC.

2. Revisar el aceite por el visor de nivel que se encuentra en la parte lateral del depósito, tomando en cuenta que el aceite debe estar por encima de la línea roja del visor de nivel.

3. Regular la presión de salida del aceite, para evitar problemas de funcionamiento del actuador hidráulico.

3.7. Manual de advertencias

La Tabla 22 contiene información sobre lo que no se debe hacer cuando se utiliza la unidad hidráulica al realizar ensayos de viga-columna con diferentes perfiles estructurales.

Tabla 22. Manual de advertencias para el uso de la máquina.

Sistema	Advertencias
Unidad hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> - La presión máxima de trabajo no debe superara los 2700 PSI. - La máquina debe trabajar con un mínimo de 5 galones de aceite hidráulico. -Verificar que los acoples no tengan fugas de aceite. -Verificar que las válvulas estén correctamente calibradas. -Verificar rotura de mangueras hidráulicas.
Electroválvula de control	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que los pines de la electroválvula estén conectados correctamente. - Verificar el ajuste de pernos de la electroválvula y la válvula de alivio.
Válvula de alivio	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que la válvula proporcione una presión máxima de 2700 PSI. - Verificar que la válvula este bien sujeta a la placa base.

Tabla 22. Manual de advertencias para el uso de la máquina. Continuación.

Depósito	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar fugas de aceite antes de poner en funcionamiento a la máquina. - No haga fuego cerca del tanque porque contiene aceite, si hay fuga puede provocar un incendio. - Verificar que el taque este bien sellado con sus respectivos pernos de sujeción.
Manómetro	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que el manómetro trabaje a presión máxima de 2700 PSI llegando a final de carrera programada. - El manómetro debe marcar 0 PSI en la posición inicial, para indicar que no hay presión remanente.

3.8. Tabla de posibles problemas en los componentes del sistema hidráulico

Como es de nuestro conocimiento en cualquier tipo de máquina existe el desgaste de cualquier componente, en este tipo de máquinas hidráulicas puede causar una posible pérdida de presión o cualquier otro tipo de problema, es así que en la Tabla 23 se propone las posibles causas, problemas que puedan existir y las soluciones para las mismas.

Tabla 23. Posibles problemas en los componentes del sistema hidráulico.

Indicador	Problemas	Solución
Pérdidas de presión	<ul style="list-style-type: none"> -Desgaste de retenedores del émbolo. - Vástago doblado o rayado. - Falta de ajuste en las uniones de las mangueras. -El sistema trabaja a presiones muy altas. 	<p>-Realizar un mantenimiento preventivo o correctivo de los componentes.</p>

Tabla 23. Posibles problemas en los componentes del sistema hidráulico. Continuación.

<p>Funcionamiento con altos índices de ruido</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de aceite muy bajo. -Filtro taponado por impurezas. - Bomba o motor cerca de llegar a su fin de vida útil. 	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar un mantenimiento preventivo o correctivo de los componentes. -Llene el aceite hidráulico hasta el nivel máximo.
<p>Calentamiento excesivo de la unidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de aceite muy bajo. -Filtro taponado por impurezas. -Tanque del depósito muy pequeño. -La viscosidad del aceite es inadecuada. -Bomba o motor cerca de llegar a su fin de vida útil. 	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar un mantenimiento preventivo o correctivo de los componentes. -Tanque de almacenamiento el aceite más grande si es el caso.
<p>Ciclos lentos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El vástago del cilindro averiado - Nivel de aceite muy bajo. - Bomba o motor cerca de llegar a su fin de vida útil. -La potencia de la bomba o motor inadecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> -Inspección y reparación del componente de la unida hidráulica.
<p>Movimiento excesivo de las mangueras hidráulicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Inadecuada alineación de las mangueras. -Inadecuada fijación de las mangueras. 	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar un mantenimiento preventivo o correctivo de los componentes.

3.9. Mantenimiento de la unidad hidráulica

En cualquier tipo de máquina es de vital importancia realizar un mantenimiento y su respectiva limpieza del mecanismo que compone la máquina, de esta manera se estará asegurando el funcionamiento de la misma y a su vez lo más primordial que es garantizar resultados exactos y precisos, también alargando la vida útil de ésta.

Si se realiza un correcto mantenimiento se puede tener grandes beneficios, tales como:

- Mayor vida útil a la máquina.
- Disminución de los costos de mantenimiento de la unidad.
- Evitar el paro en los tiempos de trabajo.
- Evitar accidentes laborales.
- Mayor seguridad al realizar trabajos a presiones elevadas.

A continuación, se menciona algunas de las alternativas de mantenimiento de determinadas partes de la unidad hidráulica y su limpieza:

3.9.1. En el tanque de almacenamiento y el aceite hidráulico

- Mantener el fluido a un nivel óptimo en el depósito, de esa manera se evita la entrada de aire al sistema y se pueda obtener la carrera máxima del cilindro hidráulico.
- Tener un depósito amplio/grande para que el aceite al retornar al tanque se enfríe más rápido en su recirculación del mismo.
- El aceite se debe cambiar de acuerdo a la vida útil del mismo o cumpliendo las horas establecidas de trabajo (2000 horas), también hay casos que se puede identificar el fin de la vida útil del aceite solo con la verificación de la viscosidad.
- Al transferir aceite de un sistema al otro utilizar recipientes limpios o simplemente utilizar mangueras.

3.9.2. En las conexiones y mangueras hidráulicas

- Revisar cada una de las conexiones realizadas en las mangueras hidráulicas de la unida para evitar posibles fugas.

- Realizar un proceso adecuado para unir los acoples con las mangueras hidráulicas para sus respectivas conexiones al cilindro o a otro componente de la unidad.

3.9.3. En los filtros de succión y retorno del sistema

- Estos filtros se deben cambiar por lo mínimo cada 500 horas de usos, para tener una óptima circulación del aceite y un correcto funcionamiento del sistema.
- Seleccionar un filtro adecuado para el sistema que cumpla con las especificaciones que se requiere, si se selecciona un filtro inadecuado puede poner el riesgo el rendimiento de la unidad y generar pérdidas de presión.
- Se debe revisar periódicamente que los filtros no contengan impurezas que impidan la circulación del aceite.

3.9.4. En el motor eléctrico trifásico

- Si se desconecta los cables del motor, para realizar su respectiva conexión, se debe verificar el sentido de giro del motor para evitar quemar este componente y la bomba hidráulica.
- Evitar que el motor este en contacto con líquidos (no mojar el motor).

3.9.5. En la válvula de alivio

- Esta válvula se va a encontrar fijada por una presión de 2700 PSI por lo que no se debe mover la perrilla reguladora de presión de la válvula.
- La válvula de alivio se encuentra unida con la electroválvula y la placa base, cumpliendo sus respectivas funciones de poder realizar la respectiva calibración de la presión, por lo que se requiere utilizar una llave hexagonal.

Para realizar cualquier tipo de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo se debe apagar la unidad hidráulica.

3.10. Análisis de costos del proyecto

En esta parte se va a detallar los costos que se ha empleado para la obtención de la unidad hidráulica y de control, estos costos incluyen todos los componentes utilizados en el sistema hidráulico e incluso la mano de obra, esto se realizó para tener un análisis

más completo, con la finalidad que si en algún momento se necesitara construir más unidades hidráulicas se tenga en contemplación cada uno de estos detalles.

De tal manera los costos se desglosan como:

- Costos directos
 - Costo de materia prima (componentes)
 - Costo de mano de obra
 - Costo de maquinado
- Costos indirectos
 - Costo imprevisto
 - Costo de materiales indirectos
 - Costo de ingeniería

3.10.1. Costos directos

Son costos que afectan directamente al producto que se desee obtener, fabricar, construir, ensamblar, entre otros

3.10.1.1. Costo de materia prima (componentes)

Este tipo de costos se ha generado en la adquisición de cada una de los componentes que se necesita para construir la unidad hidráulica, en la Tabla 24 se puede observar los costos generados en la compra.

Tabla 24. Costo de materia prima (componentes).

Componente	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Teflón	5	1,000	5,000
Maguera hidráulica por metro	8	18,000	144,000
Motor eléctrico 3HP trifásico Siemens	1	380,000	380,000
Bomba hidráulica 4CC HN hidraulic 2APF 05PF P 03RSS	1	360,000	360,000
Campana adaptación motor-bomba	1	200,000	200,000
Acople matrimonio L100	1	100,000	100,000
Filtro de succión hydroline SC2 10	1	50,000	50,000

3.10.1.2. Costo de mano de obra

En esta fase, el costo de la mano de obra es la que se genera en el ensamble de la unidad hidráulica y la de control, que permite cumplir con los objetivos propuestos de funcionamiento, para la construcción de esta unidad se necesita dos técnicos mecánicos para trabajar en el ensamble, por ende, se tiene que tomar en cuenta una remuneración económica si no fuera el caso del empleo de recursos humanos propios, de tal manera en la Tabla 25, se puede observar el costo de mano de obra en la realización del proyecto técnico.

Tabla 25. Costo de mano de obra.

Personal	Cantidad	Costo por hora (USD)	Tiempo (horas)	Total (USD)
Técnico de Mecánico	2	3	70	420
Subtotal				420

3.10.1.3. Costo de maquinado

Estos costos son generados en el transcurso del ensamble de la máquina, puesto que se necesita de otros equipos para poder culminar el proceso de ensamble, esto se calcula tomando en cuenta el tiempo de uso de los equipos que se va utilizando hasta cuando la máquina ya quedé completamente ensamblada, en la Tabla 26 se presenta los costos de maquinado.

Tabla 26. Costo de maquinado.

Máquina	Costo por hora (USD)	Tiempo de trabajo de la máquina (hora/s)	Costo total por máquina (USD)
Cortadora	8	1	8
Amoladora	5	2	10
Soldadora	10	2	20
Fresadora	9	1	9
Compresor	6	1	6
Subtotal			53

3.10.1.4. Costo directo total

Es la suma de todos los costos directos, valor total que se puede observar en la Tabla 27.

Tabla 27. Costo directo total.

Costo directo	Total (USD)
Costo de materia prima (componentes)	2891.050
Costo de mano de obra	420
Costo de maquinado	53
Total	3364.05

3.9.2. Costos indirectos

A estos costos se les conoce como los gastos suplementarios en los materiales a utilizar para finalizar la construcción de la máquina o la obtención de un producto final.

3.10.2.1. Costo imprevisto

En este tipo de costos son los que se genera por cualquier situación, la cual no son tomados en cuenta desde el inicio de la evaluación de los costos de la construcción de la unidad hidráulica, en la Tabla 28 se detalla los costos imprevistos.

Tabla 28. Costo imprevisto.

Imprevisto	Total (USD)
Transporte en la compra de materiales	50
Transporte de la unidad hidráulica	5
Material extra	15
Varios	10
Subtotal	80

3.10.2.2. Costo de materiales indirectos

Son los materiales suplementarios que son utilizados para concluir la fase de la construcción u obtención de un producto final, en la Tabla 29 se muestra los costos de los materiales indirectos.

Tabla 29. Costos de materiales indirectos.

Material	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
Thinner	1 litro	2	2
Electrodos 6011 AGA- 1/8"	½ kg	2.50	2.50
Pintura anticorrosiva	¼ galón	8	8
Lija para metal	4 hojas	1.25	1.25
Varios	-	-	15
Subtotal			28.75

3.10.2.3. Costo de ingeniería

Este tipo de costos viene dado por el tiempo que se utilizó para la creación de la máquina, esta es realizada por un ingeniero mecánico (ingenio) la cual tarda un determinado tiempo en la realización tanto de los cálculos matemáticos para el diseño del sistema hidráulico y como para la selección de compones que formaran la nueva unidad hidráulica, en la Tabla 30 se muestra los costos de ingeniería.

Para colocar un valor de 12 dólares por hora por el trabajo realizado, se puso un aproximado debido a que no se tiene la suficiente experiencia en esta área, esto a criterio personal.

Tabla 30. Costo de ingeniería.

Especificación	Tiempo (horas)	Costo por hora (USD)	Total (USD)
Diseñador	90	12	1080
Subtotal			1080

3.10.2.4. Costo indirecto total

Este tipo de costo se puede observar en la Tabla 31.

Tabla 31. Costo indirecto total.

Costo indirecto	Total (USD)
Costo imprevisto	80
Costo de materiales indirectos	28.75
Costo de ingeniería	1080
<i>Total</i>	1188.75

3.11. Costo total de la construcción de la unidad hidráulica y control

La obtención del costo total para la construcción de la unidad hidráulica y control es la suma de los costos directos e indirectos que fueron realizados durante un tiempo establecido en la que duró la construcción de la máquina, en la Tabla 32 se puede observar el costo total de la máquina.

Tabla 32. Costo total de la construcción de la máquina.

Costo	Total (USD)
Costo total directo	3364.05
Costo total indirecto	1188.75
<i>Total</i>	4552.80

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Para el funcionamiento del sistema hidráulico se requiere ejercer una fuerza máxima de 10 kN, con posicionamiento intermedio, debido al movimiento armónico para su ensayo, al igual que se debe tomar en cuenta la carrera del pistón que es de 100 mm como máximo, que se determinó en base a la norma AISC 341-16.
- El cilindro para ejercer esta carga requiere una presión máxima de 2700 PSI, pero por su seguridad se dimensionó para una presión de 3000 PSI con un factor de seguridad de 1.14, al igual que sus acoples, mangueras, válvulas y bomba. Para el correcto funcionamiento del sistema se requiere un tanque de almacenamiento de una capacidad máxima 5 gal (20 l), el aceite que se debe utilizar en este sistema debe ser de alta durabilidad y con especificaciones ISO 68.
- El sistema de control es accionado por dos voltajes (220V-110V), el de mayor voltaje da accionamiento al motor trifásico de 3Hp con su respectivo contactor y a la electroválvula, el de menor voltaje acciona el PLC junto a sus componentes secundarios como relays, pulsadores y fuente.
- El sistema fue dimensionado para ser montado en una estructura metálica de 3.50 metros de alto y 1.50 metros de ancho con perfiles estructurales anclados al piso. Este sistema hidráulico fue probado y cumple con los ciclo y ángulos que nos proporciona la norma AISC 341-16.

	Ciclos	Angulo (°)
a	6	0.00375
b	6	0.005
c	6	0.0075
d	4	0.01
e	2	0.015
f	2	0.02
g	2	0.03
h	2	0.04

4.2. Recomendaciones

- Seleccionar un motor eléctrico trifásico para evitar altos consumos de energía, de esa manera se puede reducir el pago de la planilla eléctrica.
- Seleccionar el aceite hidráulico que nos proporcione características de alto rendimiento en relación a las horas de trabajo, para un correcto funcionamiento de la unidad.
- Seleccionar componentes que superen la presión máxima de trabajo de la unidad.
- Utilizar cables de distintos colores para diferenciar las fases y evitar cortocircuitos en el tablero de control.
- Verificar el voltaje de entrada y salida antes de ser accionado el sistema.
- Seleccionar el PLC y su respectivo sistema de programación para evitar errores en la salida de la información.
- Realizar estudios tanto en software y en la parte práctica para evitar errores de funcionamiento.
- No exceder la presión máxima de trabajo para el cual está diseñado la unidad hidráulica.
- Anclar el sistema en una base metálica lineal, para simular el funcionamiento lo mas real posible, cuando ya este completamente montado en su estructura base.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Manobanda, “Diseño y construcción de un banco de pruebas para cilindros de doble efecto con presión hasta 3000 psi,” Quito, 2012. Accessed: Jun. 12, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3793/6/UPS-KT00037.pdf>
- [2] H. H. Pillajo Quijia, “Evaluación de la conexión precalificada: viga de sección reducida-columna cajón relleno, para pórticos de momento a base de planchas de acero A36 soldadas,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017.
- [3] C. A. Campaña Alarcón, “Diseño de un sistema hidráulico alternativo para la reducción del impacto de la humedad en construcciones,” Ambato, 2020. Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/30587>
- [4] E. Santos De la Cruz, O. Rojas Lazo, J. Yenque Dedios, and A. Lavado Soto, “Diseño y construcción de pistón hidráulico,” *Redalyc*, vol. 8, no. 1, pp. 13–17, 2005.
- [5] M. V. Muela Guaicha, “Diseño y construcción de una prensa hidráulica para corrección de bordes de láminas metálicas,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017.
- [6] J. A. Apolinario Julca, “Diseño de una prensa hidráulica de 100 toneladas para la tesis conformado de calaminas de fibrocemento de 1,2 x 0,5 m,” Universidad Católica del Perú, Lima, 2015.
- [7] E. Ccarita Qqueshuallpa, “Diseño de compuerta hidráulica con cierre automático de emergencia mediante uso de acumuladores hidráulicos para descarga de mineral del Ore Bin de 3000 TN, Minera Barrick,” Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, 2020. Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/5304>
- [8] E. D. Á. Hernández, *Hidráulica*, vol. 1. 2014. Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://docplayer.es/41248489-Hidraulica-elaborado-por-ing-enriqueta-del-angel-hernandez-noviembre-2014.html>

- [9] F. Riaño Valle, “La hidráulica experimental durante el siglo XVIII en Francia,” *Scielo*, vol. XXXVII, no. 3, pp. 113–126, 2016.
- [10] S. Turpo Ccoa, “Diseño de un cilindro hidráulico para la construcción de elevadores de carga capacidad máxima 300 kg,” Universidad Continental, Cusco, 2020.
- [11] DIPAC, “Catálogo DIPAC-Productos de Acero,” 2020. Accessed: Nov. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>
- [12] ISO 4413, “Hydraulic fluid power-General rules relating to systems,” 1998.
- [13] C. A. Álvarez Zambrano, “Construcción de un banco hidráulico para comprobar accesorios y componentes hidráulicos con alta y baja presión,” Latacunga, 2004.
- [14] R. Pérez Pupo and M. Navarro Ojeda, *Oleohidráulica I*, 1st ed., vol. 1. Riobamba, 2020.
- [15] J. Almandoz Berrondo, B. Mongelos Oquiñena, and I. Pellejero Salaberria, “Sistemas neumáticos y oleohidráulicos,” 2007.
- [16] C. Fernández Asenjo, “SISTEMA HIDRÁULICO,” 2007.
- [17] J. P. Revelo Galárraga and O. J. Tufiño Dávalos, “Diseño y construcción de un sistema de automatización hidráulico para la máquina de ensayos destructivos en juntas soldadas del laboratorio de soldadura de la escuela politécnica nacional,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2012.
- [18] F. Roca Ravell, *Oleohidráulica Básica: Diseño de Circuitos*. 1996.
- [19] Bosch Rexroth AG, “Hidráulica de conmutación - Accionamiento eléctrico (conforme a BIBB),” Alemania, 2015. Accessed: Nov. 10, 2022. [Online]. Available: https://www.academia.edu/39200205/Hidr%C3%A1ulica_de_conmutaci%C3%B3n_Accionamiento_el%C3%A9ctrico_conforme_a_BIBB_Manual_del_alumno_Manual_de_proyectos
- [20] Neumática, “Neumática: El poder del aire,” 2015.

- [21] A. Creus Solé, *Neumática e Hidráulica*, Barcelona-España., vol. 1. 2007.
- [22] A. Bueno, “Simbología Neumática e Hidráulica,” *Portaleso*, vol. 1, pp. 2–10, 2017.
- [23] B. C. Kuo, *Sistemas de Control Automático*, 7th ed., vol. 7. México, 1996.
- [24] D. A. Molina Cruz *et al.*, *Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza-aprendizaje de electrónica*, 1st ed., vol. 1, no. 1. 2019.
- [25] A. S. Tintín Chicaiza, “Optimización bajo metodología de superficie de respuesta (MSR) del material compuesto de matriz epoxi reforzado con fibra de chambira (ASTROCARYUM), curado al ambiente y su incidencia en las propiedades mecánicas,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [26] Parker, “Manguera hidráulica, terminales y equipo,” Europa, 2020. Accessed: Dec. 07, 2022. [Online]. Available: https://www.goodyearrubberproducts.com/spanishpdfs/Parker_HPDP_Catalog_4400_en_Espanol.pdf
- [27] Parker, “Catálogo Tecnología Hidráulica Industrial,” 2001.
- [28] Swissoil, “Grados de Viscosidad ISO,” 2021. Accessed: Feb. 08, 2023. [Online]. Available: www.swissoil.com.ec
- [29] Biofactor S.A., “Aceite hidráulico ISO68,” Guayaquil, 2022.
- [30] T. Henriques and L. Henriques, “Unión Motor-Bomba,” Guayaquil, 2020.
- [31] T. Henriques and L. Henriques, “Acople Matrimonio,” Guayaquil, 2020.
- [32] SIEMENS, “Catálogo de Motores Eléctricos,” Alemania, 2021. [Online]. Available: www.motores.siemens.com
- [33] Hidromecánica del Ecuador S.A., “Catálogo Filtro de succión,” Guayaquil, 2022.
- [34] Hidromecánica del Ecuador S.A., “Catálogo Sub Placa Cetop 3,” Guayaquil, 2022.
- [35] STEED HYDRAILIC TECHNOLOGY, “Catálogo Válvula Modular,” Guatemala, 2022. [Online]. Available: www.steedmachinery.com.tw

- [36] OCEN HYDRAULICS, “Válvula limitadora de presión MRV-02-P,” Taiwán, 2022.
- [37] TUCSON HYDROCONTROLS, “Catálogo Electroválvula Tandem BHW6,” India, 2021. [Online]. Available: www.tucsonhydrocontrols.com
- [38] Hidromecánica del Ecuador S.A., “Catálogo Manómetro con Glicerina,” Guayaquil, 2022.
- [39] Hidromecánica del Ecuador S.A., “Catálogo Base para Filtro,” Guayaquil, 2022.
- [40] Hidromecánica del Ecuador S.A., “Catálogo Filtro de Retorno,” Guayaquil, 2022.
- [41] Hidromecánica del Ecuador S.A., “Catálogo Tapa Filtro,” Guayaquil, 2022.
- [42] Hidromecánica del Ecuador S.A., “Catálogo Visor de Nivel LG2,” Guayaquil, 2022.
- [43] Goodyear, “Catálogo de Mangueras hidráulicas,” 2021.
- [44] Omron, “El potente y pequeño PLC de Omron diseñado para el control flexible,” 2022.
- [45] ANSI/AISC 341-16, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago, 2016, pp. 196–200. [Online]. Available: www.aisc.org

6. ANEXOS

ANEXO 01. Símbolos normalizados para elementos hidráulicos según ISO 12191 y 12192.

ANEXO 02: Catálogo del motor hidráulico SIEMENS.

Placas Características Serie 1LE0141 / 1LE0143

SIEMENS									
made in P.R.China									
3~Mot.	1LE0141-2CB86-4AA4	250M	IMB3	IP55	LMH- 1002 / 800003888993 / 001				
V	Hz	HP	A	EFF.	cos φ	r/min	EFF.Cl.		
220/380 ΔΔ/YY	60	75	240/139	94,5 %	0,86	1785	IE2		
440 Δ	60	75	120	94,5 %	0,86	1785	IE2		
BRG DE 6316 C3		BRG NDE 6316 C3		Th.Cl.155(F)					
GREASE: Unirex N3		IEC60084-30		AMB40°C					
Re-grease interval: 5000h		Quantity: 30g		Net: 540 kg					
OCV1280B		Q/321081 KJA001-2014							

Descripción

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Motor trifásico | 12. Velocidad nominal |
| 2. Referencia | 13. Peso motor (kg) |
| 3. Número serial | 14. Norma de fabricación |
| 4. Tipo de construcción | 15. Clase térmica |
| 5. Grado de protección | 16. Tamaño constructivo |
| 6. Rango de tensión | 17. Temperatura amb max. |
| 7. Frecuencia (Hz) | 18. Tipo rodamientos lado accionamiento |
| 8. Potencia (HP) | 19. Tipo rodamientos lado no accionamiento |
| 9. Corriente nominal (A) | 20. Clase de eficiencia |
| 10. Factor de Potencia | 21. Método de balanceo |
| 11. Valor de eficiencia | |

Sobre Velocidad

- La máxima velocidad segura para 2 polos hasta 5.200 rpm (tamaños 80 al 112), 4.500rpm (tamaños 132 al 200) y 3.600rpm (tamaños 225 a 315)
- La máxima velocidad segura para 4 polos hasta 3.600 rpm (tamaños 80 al 112), 2.700rpm (tamaños 132 al 180) y 2.300rpm (tamaños 200 a 315)
- La máxima velocidad segura para 6 polos hasta 2.400 rpm (tamaños 80 al 180) y 1.800rpm (tamaños 200 al 315)
- La sobre-velocidad es 1,2 veces la máxima velocidad segura no excediendo 2 min. de duración.



Cargas radiales

Tamaño constructivo	Número de polos	Serie 1LE014	
		Para Xo Nm	Para Xmax Nm
80	2	620	510
	4	790	640
	6	910	740
90	2	700	560
	4	880	720
	6	1020	820
100	2	980	790
	4	1230	990
	6	1420	1140
112	2	980	790
	4	1230	990
	6	1420	1140
132	2	1440	1120
	4	1820	1420
	6	2080	1630
160	2	1560	1240
	4	1970	1570
	6	2260	1800
180	2	1820	1470
	4	2300	1900
	6	2630	2150
200	2	2650	2230
	4	3350	2800
	6	3850	3230
225	2	3000	2540
	4	3700	3000
	6	4250	3470
250	2	3150	2620
	4	3950	3280
	6	4600	3820
280	2	6600	5550
	4	8300	6950
	6	9650	8120
315	2	7100	6200
	4	8700	7250
	6	10000	8500

VALORES ELÉCTRICOS MOTORES SERIE 1LE0141-IE2

Potencia		Referencia del motor	Tamaño constructivo	Rated Speed	Eficiencia 100%	Factor de potencia	Corriente nominal			Torque nominal	Datos de arranque			Peso IM B3
kW	HP						220V A	380V A	440V A		Nm	Corriente de arranque x In	Torque de arranque x Tn	
Datos eléctricos motores Serie 1LE0141 IE2 2 Polos 3600 rpm														
0,75	1	1LE0141-ODA26-4AA4	80M	3450	75,5	0,81	3,2	1,85	1,6	2,1	6	2,2	3	14,0
1,1	1,5	1LE0141-ODA36-4AA4	80M	3440	82,5	0,83	4,3	2,5	2,15	3,1	7	2,8	3	16,0
1,5	2	1LE0141-ODA86-4AA4	80M	3450	84,0	0,83	5,6	3,25	2,8	4,2	7	2,8	3	18,0
2,2	3	1LE0141-OEA46-4AA4	90L	3500	85,5	0,87	7,9	4,55	3,95	6,0	8	2,8	3	28
3	4	1LE0141-OEA86-4AA4	90L	3505	87,5	0,87	10,3	6	5,1	8,2	8	2,8	3	28
3,7	5	1LE0141-1AA86-4AA4	100L	3440	87,5	0,88	12,7	7,4	6,4	10,3	8	3	3,5	40
5,5	7,5	1LE0141-1BA86-4AA4	112M	3510	88,5	0,88	18,8	10,9	9,4	15,0	8	3	3,5	45
7,5	10	1LE0141-1CA16-4AA4	132S	3525	89,5	0,88	25	14,4	12,4	20,3	8,5	2,3	3,5	70
11	15	1LE0141-1CA86-4AA4	132S	3535	90,2	0,88	37	21,5	18,5	29,8	8,5	2,3	3,5	75
15	20	1LE0141-1DA36-4AA4	160M	3535	90,2	0,84	52	30	26	40,5	7,5	2,3	3,5	95
18,5	25	1LE0141-1DA46-4AA4	160L	3530	91,0	0,86	63	36	31,5	50	7,5	2,3	3,5	115
22	30	1LE0141-1DA86-4AA4	160L	3530	91,0	0,88	73	42,5	36,5	59,5	7,5	2,3	3,5	125
30	40	1LE0141-2AA46-4AA4	200L	3558	91,7	0,89	96	56	48	80,5	8,5	3	3,5	260
37	50	1LE0141-2AA56-4AA4	200L	3556	92,4	0,89	119	69	60	99,4	8,5	3	3,5	275
45	60	1LE0141-2BA26-4AA4	225M	3570	93,0	0,88	143	83	72	120	8,5	2,6	3	325
55	75	1LE0141-2BA86-4AA4	225M	3560	93,0	0,88	179	104	90	148	8,8	2,6	3	340
75	100	1LE0141-2CA86-4AA4	250M	3570	93,6	0,89	235	136	117	201	7,5	2,2	3	430
90	125	1LE0141-2DA23-3AA4	280M	3578	94,5	0,89			145	240	8	2,5	3	610
110	150	1LE0141-2DA83-3AA4	280M	3578	94,5	0,88			177	294	8	2,5	2	600
150	200	1LE0141-3AA23-3AA4	315M	3578	95,0	0,91			225	400	8	2,1	2,7	985
185	250	1LE0141-3AA63-3AA4	315L	3582	95,4	0,92			280	493	8	2,1	2,7	1140

Potencia		Referencia del motor	Tamaño constructivo	Rated Speed	Eficiencia 100%	Factor de potencia	Corriente nominal			Torque nominal	Datos de arranque			Peso IM B3
kW	HP						220V A	380V A	440V A		Nm	Corriente de arranque x In	Torque de arranque x Tn	
Datos eléctricos motores Serie 1LE0141 IE2 4 Polos 1800 rpm														
0,55	0,75	1LE0141-ODB26-4AA4	80M	1720	75,5	0,77	2,55	1,46	1,26	3,1	6	2	2,7	14,5
0,75	1	1LE0141-ODB36-4AA4	80M	1705	78,0	0,78	3,2	1,86	1,61	4,2	6	2	2,7	15,5
1,1	1,5	1LE0141-OEB06-4AA4	90S	1730	84,0	0,79	4,4	2,55	2,2	6,1	6	2	2,7	22
1,5	2	1LE0141-OEB46-4AA4	90L	1720	84,0	0,81	5,8	3,35	2,9	8,3	6	2,6	2,7	25
2,2	3	1LE0141-OEB86-4AA4	90L	1740	87,5	0,79	8,5	4,9	4,25	12,1	7,5	2,6	3	28
3	4	1LE0141-1AB56-4AA4	100L	1735	87,5	0,83	10,8	6,2	5,4	16,5	7,5	2,5	3	45
3,7	5	1LE0141-1AB86-4AA4	100L	1720	87,5	0,83	13,5	7,8	6,7	20,5	7,5	2,5	3	45
5,5	7,5	1LE0141-1BB86-4AA4	112M	1750	89,5	0,78	21	12,2	10,5	30,0	8,5	2,5	3,5	50
7,5	10	1LE0141-1CB26-4AA4	132M	1760	89,5	0,82	26,5	15,4	13,3	40,7	8,5	2,5	3,5	70
11	15	1LE0141-1CB86-4AA4	132M	1760	91,0	0,82	39,5	23	19,7	59,7	8,5	2,5	3,5	85
15	20	1LE0141-1DB46-4AA4	160L	1760	91,0	0,84	51	29,5	25,5	81,4	8	2,2	3,5	110
18,5	25	1LE0141-1DB86-4AA4	160L	1765	92,4	0,88	60	35	30	100	8	2,2	3,5	140
22	30	1LE0141-1EB46-4AA4	180L	1775	92,4	0,84	76	44	38	118	8	2,4	3	180
30	40	1LE0141-2AB46-4AA4	200L	1775	93,0	0,85	99	57	49,5	161	8	2,7	3	245
37	50	1LE0141-2AB86-4AA4	200L	1775	93,0	0,84	125	73	63	199	8	2,7	3	245
45	60	1LE0141-2BB26-4AA4	225M	1780	93,6	0,85	148	85	74	241	8	2,7	3	340
55	75	1LE0141-2BB86-4AA4	225M	1780	94,1	0,85	184	106	92	295	8	2,7	3	340
75	100	1LE0141-2CB86-4AA4	250M	1785	94,5	0,86	240	139	120	401	8	2,6	3	475
90	125	1LE0141-2DB23-3AA4	280M	1786	94,5	0,86			151	481	8	2,9	3	660
110	150	1LE0141-2DB83-3AA4	280M	1786	95,0	0,86			180	588	8,5	2,9	3	670
150	200	1LE0141-3AB23-3AA4	315M	1788	95,0	0,88			235	801	8,5	2,5	2,8	1050
185	250	1LE0141-3AB63-3AA4	315L	1788	95,0	0,88			295	988	8,5	2,5	2,8	1050

ANEXO 03: Catálogo del filtro de succión de HYDROMECAÍNICA del Ecuador S.A.



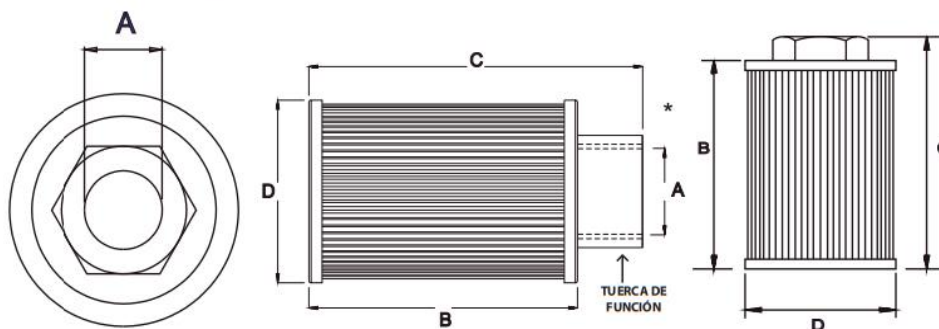
MF-SC2

FILTRO DE SUCCIÓN



MODELO	FLUJO LPM	MEDIDAS ROSCA A CODIGO		HT B	TOTAL HT C	GAP DIA D	SCREEN AREA (SQ. CMS)	WT KGS	MAGNET WRAP
SC2-003	12	3/8	03	50	62	42	220	0.16	1
SC2-005	20	1/2	04	64	78	66	400	0.24	1
SC2-007	30	3/4	06	75	89	66	438	0.28	2
SC2-010	40	1	08	122	137	66	710	0.33	2
SC2-020	80	1-1/4	10	160	175	85	1045	0.45	2
SC2-030	120	1-1/2	12	190	205	85	1450	0.50	2
SC2-050	200	1-1/2	12	240	254	100	2195	0.60	2
SC2-051	200	2	16	240	254	100	2195	0.70	2
SC2-075	300	2-1/2	20	240	255	130	2580	0.95	3
SC2-100	400	3	24	285	300	130	3225	1.18	3
SC2-150	600	3	24	325	340	130	4650	1.60	3
SC2-200	800	4	32	220	295	200	6225	4.20	4
SC2-300	1200	4	32	306	381	200	8840	4.50	4
SC2-400	1600	4	32	387	462	200	11225	4.80	4
SC2-600	2400	4	32	540	615	200	15675	5.40	4

DISPONIBLE SOLAMENTE CON HILOS NPT



Dimensiones en mm para referencia solamente

<p>MATRIZ: Dirección: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejercito. Telef: 2323939 - 2531923 - 2522228 0999586009 ventas2@hydromecanica.com</p>	<p>QUITO: Dirección: Av. 6 de Diciembre N48-103 y Manuel de Lizarzaburu Telef: (02)2409322 - (02)2411921 0983729761 ventas_quito@hydromecanica.com</p>	<p>SUCURSAL NORTE: Dirección: Km.3 Av. Juan Tanca Marengo, Frente a Caterpillar, a lado de las antenas de TV Cable. Telef: 2381994 - 2315850 0997689047 hydecua_gye@hydromecanica.com</p>
--	--	---

ANEXO 04: Catálogo de Sub placa cetop 3 de HYDROMECAÁNICA del Ecuador S.A.



MANIFOLD



CIRCUITO PARALELO

IFP MODELO	TAMAÑO/DESCRIPCIÓN
MFB-03-2-10N	03-3/8" NPT 2 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-3-10N	03-3/8" NPT 3 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-4-10N	03-3/8" NPT 4 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-5-10N	03-3/8" NPT 5 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-6-10N	03-3/8" NPT 6 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-2-10S	03-3/8" SAE 2 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-3-10S	03-3/8" SAE 3 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-4-10S	03-3/8" SAE 4 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-5-10S	03-3/8" SAE 5 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-03-6-10S	03-3/8" SAE 6 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-2-10N	05-1/2" NPT 2 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-3-10N	05-1/2" NPT 3 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-4-10N	05-1/2" NPT 4 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-5-10N	05-1/2" NPT 5 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-6-10N	05-1/2" NPT 6 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-2-10S	05-1/2" SAE 2 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-3-10S	05-1/2" SAE 3 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-4-10S	05-1/2" SAE 4 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-5-10S	05-1/2" SAE 5 ESTACIÓN EN PARALELO
MFB-05-6-10S	05-1/2" SAE 6 ESTACIÓN EN PARALELO

CIRCUITO SERIE

IFP MODELO	TAMAÑO/DESCRIPCIÓN
MFS-03-2-10N	03-1/2" NPT 2 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-03-3-10N	03-1/2" NPT 3 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-03-4-10N	03-1/2" NPT 4 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-03-2-10S	03-1/2" SAE 2 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-03-3-10S	03-1/2" SAE 3 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-03-4-10S	03-1/2" SAE 4 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-05-2-10N	05-1/2" NPT 2 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-05-3-10N	05-1/2" NPT 3 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-05-4-10N	05-1/2" NPT 4 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-05-2-10S	05-1/2" SAE 2 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-05-3-10S	05-1/2" SAE 3 ESTACIÓN EN SERIE
MFS-05-4-10S	05-1/2" SAE 4 ESTACIÓN EN SERIE

MATRIZ:
 Dirección: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejército.
 Telef: 2323939 - 2531923 - 2522228
 0999586009
 ventas2@hydromecanica.com

QUITO:
 Dirección: Av. 6 de Diciembre N48-103 y
 Manuel de Lizarzaburu
 Telef: (02)2409322 - (02)2411921 0983729761
 ventas_quito@hydromecanica.com

SUCURSAL NORTE:
 Dirección: Km.3 Av. Juan Tanca Marengo,
 Frente a Caterpillar, a lado de las antenas de TV Cable.
 Telef: 2381994 - 2315850 0997689047
 hydecua_gye@hydromecanica.com

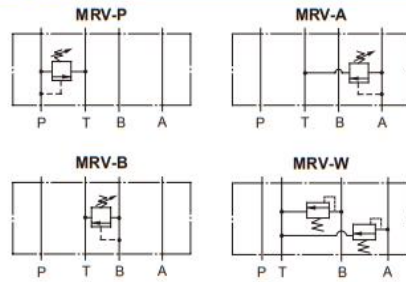
ANEXO 05: Catálogo de la válvula de alivio de STEED HYDRAILIC TECHNOLOGY de Guatemala.

Válvula modular > Válvula de modular alivio

MRV



SÍMBOLOS



CÓDIGO DEL PEDIDO

MRV - 02 - P - 1

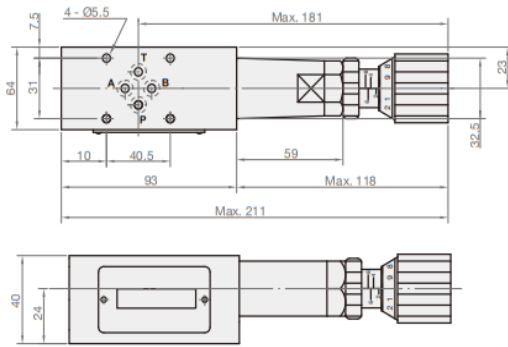
1 2 3 4

1	Nombre de modelo	MRV
2	Conexión de rosca	02 1/4" 03 3/8" 04 1/2" 06 3/4"
3	Acción	P A B W
4	Rango de presión ajustable	1 7-70 kgf/cm ² 2 35-140 kgf/cm ² 3 70-210 kgf/cm ²

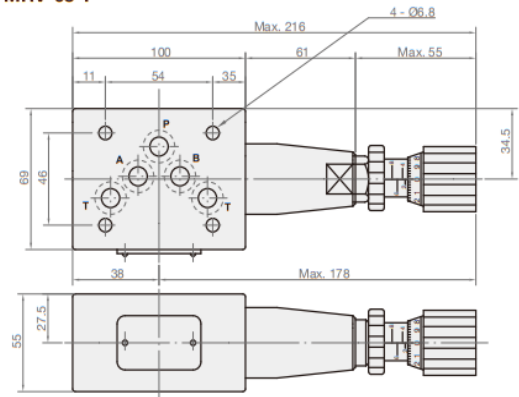
ESPECIFICACIÓN MODELO

Modelo	Presión máxima (kgf/cm ²)	Rango de presión ajustable (kgf/cm ²)	Caudal máximo (l/min)	Peso (kg)
MRV-02-P, A, B	210	1: 7-70 2: 35-140 3: 70-210	35	1.7
MRV-02-W			35	2.5
MRV-03-P, A, B			70	3.2
MRV-03-W			70	4.5
MRV-04-P, A, B			160	6.7
MRV-06-P, A, B			200	11.0

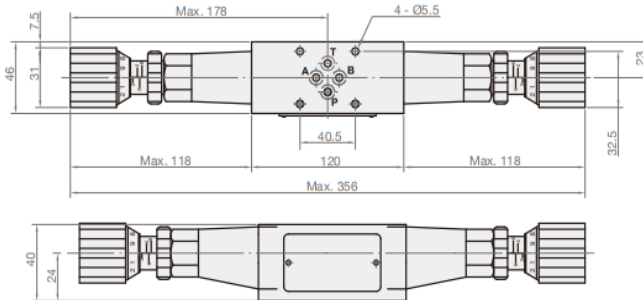
MRV-02-P



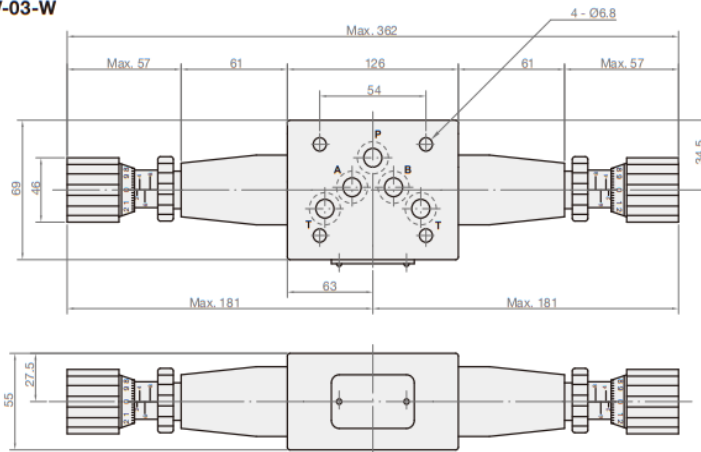
► MRV-03-P



MRV-02-W



MRV-03-W

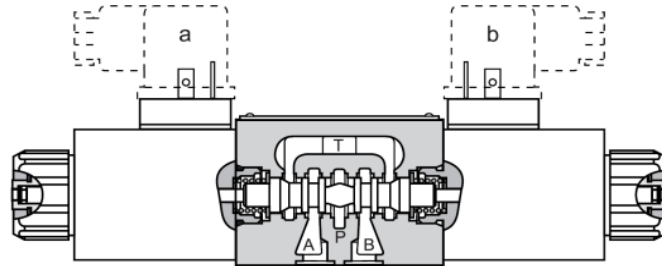


ANEXO 06: Catálogo TUCSON HYDROCONTROLS de la selección de la electroválvula tanden 220V HN BHW6G R220L.



BHW6

FLUID POWER SYMBOL



APPLICATION

Solenoid operated directional control valves are mainly used for changing direction of movement hydraulic actuators. Depending on the various spool types and their position, various kinds of movement can be effected in a hydraulic circuits. These valves are most common for industrial systems such as machine tools, hydraulic presses and SPMs but are also used in mobile hydraulic systems.

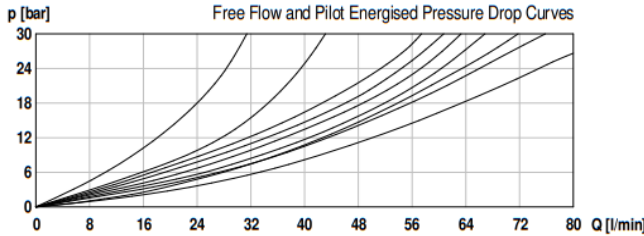
OPERATION

4/2-way spool valve, detented:
2 solenoids and 2 spool positions. With the solenoids deenergised the spool remains in the last switched position.
4/2-way spool valve, spring offset:
1 solenoid and 2 spool positions. With the solenoid deenergised the spool returns to the offset position.
4/3-way spool valve, spring centered:
2 solenoids and 3 spool positions. With the solenoids deenergised the spool returns to the center position..

FEATURES

Low leakage and long product life due to precise fitment of spools. The spools are made from heat treated steel with a cast body featuring an automotive paint coat for better appearance and protection from the elements. These are Direct operated solenoid valves with a 4 port and 5 chamber design. They can be spool detented or with spring reset.

CHARACTERISTICS. Figures Based on: Oil Temp = 40°C, Viscosity = 40 cSt



Spool Symbol	Flow Direction			
	P-A	P-B	A-T	B-T
A, B	3	3	-	-
C	1	1	3	1
D, Y	5	5	3	3
E	3	3	1	1
F	1	3	1	1
H	2	4	2	2
J	1	1	2	1
M	2	4	3	3
G	6	6	9	9

General Specifications

Description: 4/2-, 4/3-spool valve
 Construction: direct operated spool valve
 Mounting: NG6 flange to ISO 4401 / 7790
 Installation Position: any
 Tightening Torque: 5,5 Nm, M5 x 4 nos
 Ambient Temp: -20°C to +50°C
 Construction Material: Working parts: Hardened, ground steel
 External surfaces: Zinc plated
 Cavity Number: Not applicable
 Weight: 2 solenoid version: 2.40 kg
 1 solenoid version: 1.90 kg

Hydraulic Specifications

Hydraulic Fluid: Mineral oils. Contact sales office for other fluids.
 Max. Operating Pressure: 350 bar
 Max. Tank Pressure: 160 bar
 Rated Flow: see chart
 Max. Contamination Level: BS5540/4 Class 18/16/13 (25µ nominal)
 Viscosity Range: 5 to 500 cSt
 Leakage Volume Flow: on request
 Hydraulic Fluid Temp.: -20°C to +90°C (Standard Seals)
 Mounting: Line
 Peak Pressure: 350 bar
 Max. Flow: 80 lpm
 Seal Kit Number: see chart

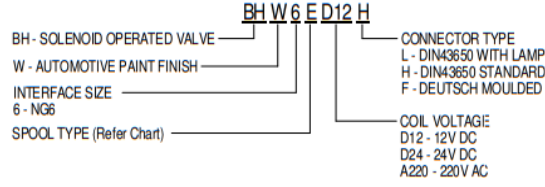
Electrical Specifications

Construction: solenoid, wet pin push type, pressure tight
 Voltage tolerance: ±10 % of nominal voltage
 Protection class: IP 65 to EN 60 529
 Switching cycles: 15 000/h
 Operating life: 10⁶ (number of switching cycles, theoretically)
 Connection / Power supply: Over device plug connection to ISO 4400 / DIN 43650, (2P+E), other connections on request.

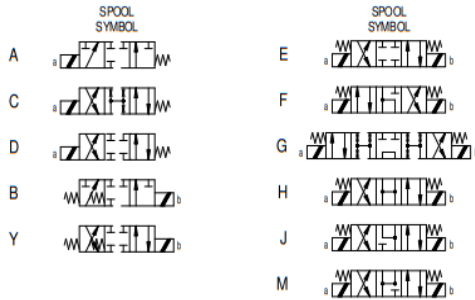
Solenoid Operated Spool Valve



ORDERING CODE

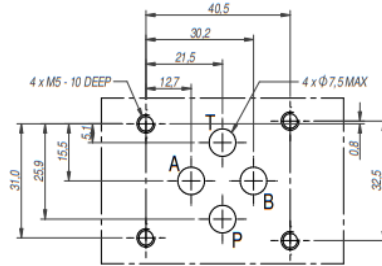


SPOOL TYPES

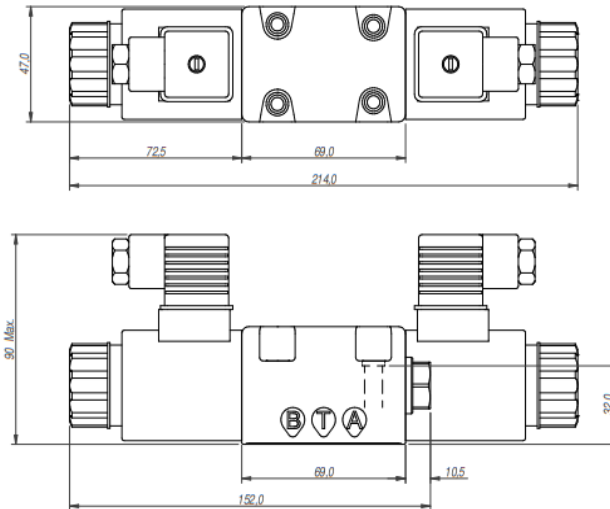


INTERFACE

As per ISO 4401/7790 for NG6



DIMENSIONS



ANEXO 07: Catálogo del manómetro de HYDROMECAÍNICA del Ecuador S.A.

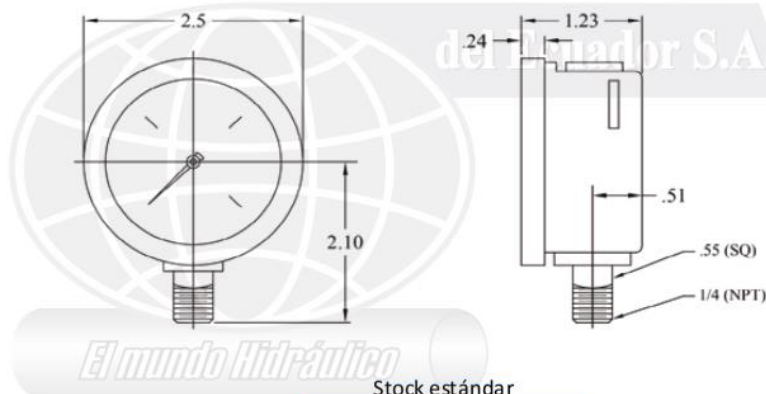


MANÓMETRO CON GLICERINA



CARACTERÍSTICAS:

- Relleno de glicerina
- Cuerpo de acero inoxidable
- Dial de aluminio
- Escala dual PSI/Bar
- Tubo de bourdon de bronce
- Conexión interior 1/4 NPT
- Amortiguador interno c/w de 5mm
- Precisión +2% @ 23°F
- Diámetro de 2 1/2"



Stock estándar

Código del modelo	Rango
M-300	0 – 300 PSI
M-1000	0 – 1000 PSI
M-2000	0 – 2000 PSI
M-3000	0 – 3000 PSI
M-5000	0 – 5000 PSI
M-10000	0 – 10000 PSI

MATRIZ:
Dirección: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejército.
Telef: 2323939 - 2531923 - 2522228
0999586009
ventas2@hydromecanica.com

QUITO:
Dirección: Av. 6 de Diciembre N48-103 y
Manuel de Lizaraburu
Telef: (02)2409322 - (02)2411921 0983729761
ventas_quito@hydromecanica.com

SUCURSAL NORTE:
Dirección: Km.3 Av. Juan Tanca Marengo,
Frente a Caterpillar, a lado de las antenas de TV Cable.
Telef: 2381994 - 2315850 0997689047
hydecua_gye@hydromecanica.com

ANEXO 08: Catálogo del filtro de retorno de HYDROMECAÁNICA del Ecuador S.A.

HYDROMECAÁNICA®
del Ecuador S.A.



IFR3-S/E

FILTRO DE RETORNO

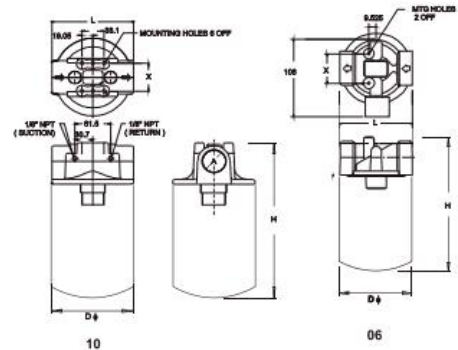
CARACTERÍSTICAS



- CABEZA DE ALUMINIO FUNDIDO
- 5 TAMAÑOS QUE FLUYEN A 200 LPM
- MAX. PRESIÓN 10 BAR / PRUEBA 15 BAR / MAXIMO 20 BAR
- BYPASS STANDARD (SUCCIÓN 0.2 BAR)
- MAX. TEMPERATURA. 80 ° C.
- PARA USO CON ACEITES A BASE DE MINERAL / PETRÓLEO



Modelo	Q nom LPM	P max Bar	Micras de filtración	Puerto rosca B/N
IFR3-06	70		P10	3/4"
			P25	
IFR3-10	200			1-1/4"
		10	A10	
IFR4-02	15		A25	1/4"
IFR4-03	15			3/8"
IFR4-04	35		M125	1/2"
IFR4-06	70			3/4"



CODIGO MODELO	L	D	H	X	AGUJEROS DE MONTAJE NOS	SIZE	PUERTO MANOMETRO NOS	NPT	WT KGS
IF *3.06 *-10	95	93	188	38.1	2 OFF		2 OFF	1 / 8"	0.8
IF *3.06 *-20	95	93	188	38.1	2 OFF	M 6 X 1.0	2 OFF	1 / 8"	1.0
IF *3.06 *-30	95	93	188	38.1	2 OFF	1/4"-20UNC (Std)	2 OFF	1 / 8"	1.2
IF *3.10*-50	140	129	250	47.6	6 OFF	M 8 X 1.25	2 OFF	1 / 8"	2.3
IF *3.10*-65	140	129	250	47.6	6 OFF	5/16"-18UNC (Std)	2 OFF	1 / 8"	2.5

CONSULTE EL ENSAMBLAJE DEL CÓDIGO MODELO

Dimensiones en mm sólo para referencia

MATRIZ:
Dirección: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejército.
Telef: 2323939 - 2531923 - 2522228
0999586009
ventas2@hydromecanica.com

QUITO:
Dirección: Av. 6 de Diciembre N48-103 y Manuel de Lizarzaburu
Telef: (02)2409322 - (02)2411921 0983729761
ventas_quito@hydromecanica.com

SUCURSAL NORTE:
Dirección: Km.3 Av. Juan Tanka Marengo, Frente a Caterpillar, a lado de las antenas de TV Cable.
Telef: 2381994 - 2315850 0997689047
hydecua_gye@hydromecanica.com

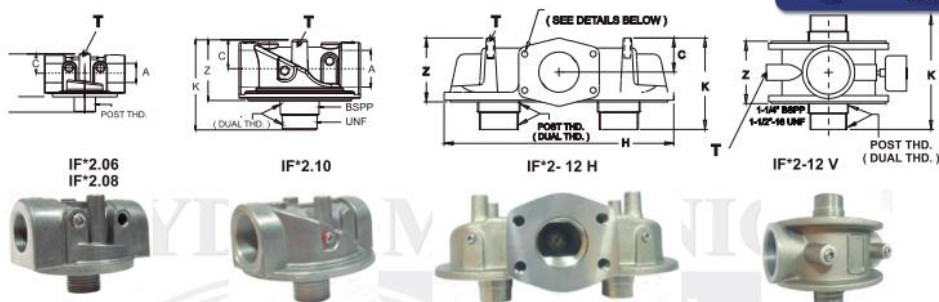
ANEXO 09: Catálogo de la base de filtro de HYDROMECAÍNICA del Ecuador S.A.



IFR2

BASE PARA FILTRO

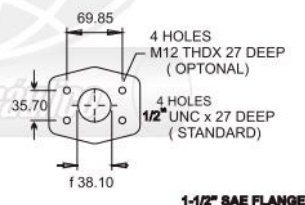
CABEZA MOLDEADA DE ALUMINIO



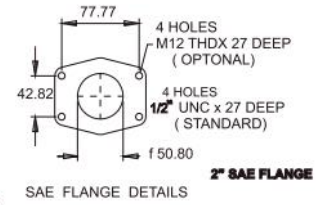
MODELO	PUERTO THD. 'A'	POST THD.	C	K	Z	H	WT KGS		
IF* 2 . 06	3 / 4"	BSPP	3 / 4"	BSPP	22	67	51	-	0.4
IF* 2 . 08	1"	BSPP	1" - 12	UNF					
IF* 2 . 10	1-1 / 4"	BSPP	DUAL THD		29	100	64	-	1.0
IF* 2 . 12 V	1-1 / 2"	BSPP	DUAL THD		-	140	70	-	1.2
IF* 2 . 12 H *	(Refer Table Below)	DUAL THD	90	122	91	286	3.0		

IFR 2 - 12 H * CONEXIÓN	PUERTO	HP Ref
B	1-1/2" BSP	Thread 12B
N	1-1/2" NPT	Thread 12N
C	1-7/8"-12UNF	Thread 24S
D*	2"SAE Flange	Flange 16SF
E	1-1/4" BSP	Thread 10B
F	1-1/4" NPT	Thread 10N
H	1-5/8"-12UNF	Thread 20S
J*	1-1/2"SAE Flange	Flange 12SF
K*	1-1/2"SAE Flange & 1-1/4"NPT	Flange & Thread 12SF 10N
L*	1-1/2"SAE Flange & 1-5/8"-12U	Flange & Thread 12SF 20S
M*	2"SAE Flange & 1-1/2"NPT	Flange & Thread 16SF 12N
P*	2"SAE Flange & 1-7/8"-12U	Flange & Thread 16SF 24S

AGREGAR 1 PARA REBORDE SAE con M12 x 1.75 CERROJO. OMITASI UNC STD

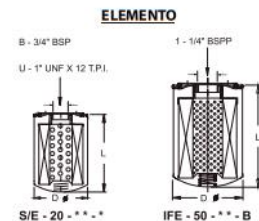


1-1/2" SAE FLANGE



SAE FLANGE DETAILS

ELEMENTO	D	L	FILTRACIÓN AREA CM ²			WT KGS
			P10/ P25	A10/ A25	M125	
S/E - 10 - * - *	93	100	1500	1200	650	0.4
S/E - 20 - * - *	93	146	2300	1840	900	0.6
S/E - 30 - * - *	93	212	4200	3300	1250	0.8
IFE - 50 - * - *	129	180	5600	3900	2000	1.2
IFE - 65 - * - *	129	227	7850	4800	2400	1.4



MATRIZ:
 Dirección: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejercicio.
 Telef: 232.3939 - 253.1923 - 2522228
 0999586009
 ventas2@hydromecanica.com

QUITO:
 Dirección: Av. 6 de Diciembre N48-103 y
 Manuel de Lizarzaburu
 Telef: (02)2409322 - (02)2411921 0983729761
 ventas_quito@hydromecanica.com

SUCURSAL NORTE:
 Dirección: Km.3 Av. Juan Tanca Marengo,
 Frente a Caterpillar, a lado de las antenas de TV Cable.
 Telef: 2381.994 - 2315850 0997689047
 hydecua_gye@hydromecanica.com

ANEXO 10: Catálogo de la tapa filtro de HYDROMECANICA del Ecuador S.A.



FSBA

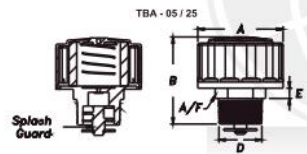
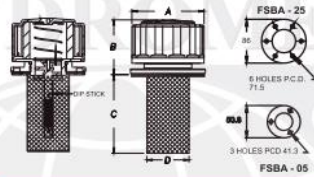
TAPA FILTRO



CARACTERÍSTICAS

- CONSTRUCCIÓN DE MOLDE EN ALUMINIO - RESPIRADORES DEBAJO
- FILTRACIÓN 40 MICRONES ESTÁNDAR / OPCIONAL 10 Y 3 MICRONES
- EL AIRE FLUYE A 25 CFM (750 LPM)
- CARCAZA DE ALUMINIO RESIESTENTE (PARA MODELO BM-OPCIONAL)
- COLADOR METÁLICO - 4 "ESTÁNDAR (OPCIONAL 6" & 8 ")
- EQUIPO INCLUYE JUNTAS Y TORNILLOS (10-32)

Modelo	Q nom LPM	P max Bar	Puerto rosca B/N/S	Tipa
FSBA-05	150			Flange
FSBA-25	750	40		Flange
TBA-05	150	10	1/2" Thread	
TBA-25	750	3	1-1/4" Thread	



MODELO	DESPLAZAMIENTO	MICRAS DE FILTRACIÓN	A	B	C *	D	E	A/F	WT KGS
FSBA - 05	150 LPM	40	56	49	65	26			0.17
FSBA - 05 - 10	90 LPM	10							
FSBA - 25	720 LPM	40	81	65	94	48			0.39
FSBA - 25 - 10	400 LPM	10							
TBA - 05	150 LPM	40	56	66		1/2" NPT	8	25.4	0.12
TBA - 05 - 10	90 LPM	10							
TBA - 25	720 LPM	40	81	86		1-1/4" NPT	10	42.0	0.28
TBA - 25 - 10	400 LPM	10							

CÓDIGO MODELO: MONTAJE

FSB A	- 25	- 10	- 3	- 10	- 3	- 10	- 3
SERIE	CAPACIDAD CFM	FILTRACIÓN μ MICRONS	ROSCA	COLADOR (D: OPCIONAL 1)	CARACTERÍSTICA 1 (OPCIONAL 2 (OMIT IF NOT REQD))	CARACTERÍSTICA 2 (OPCIONAL 3 (OMIT IF NOT REQD))	
FSBA	05 (150 LPM)	40 - 40 μ Std		STD	SG - SPLASH GUARD DS - DIP STICK		
FSBA	25 (750 LPM)	10 - 10 μ Nom		L 4 - STD L 6 - 152 m m L 8 - 203 m m	SG - SPLASH GUARD		
TBA	05 (150 LPM)	03 - 3 μ Nom	04 B - 1/2" BSPP 04 N - 1/2" NPT 08 S - 3/4" UNF-18		DS 4 - DIP STICK 4" DS 6 - DIP STICK 6"	PS - Pressurized Spgs	
TBA	25 (750 LPM)		10 B - 1-1/4" BSPP 10 N - 1-1/4" NPT 20 S - 1-5/8" UNF-12		DS 8 - DIP STICK 8"		

Dimensiones en mm solo para referencia

MATRIZ:
Dirección: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejercito.
Telef: 2323939 - 2531923 - 2522228
0999586009
ventas2@hydromecanica.com

QUITO:
Dirección: Av. 6 de Diciembre N48-103 y Manuel de Lizarzaburu
Telef: (02)2409322 - (02)2411921 0983729761
ventas_quito@hydromecanica.com

SUCURSAL NORTE:
Dirección: Km.3 Av. Juan Tanca Marengo, Frente a Caterpillar, a lado de las antenas de TV Cable.
Telef: 2381994 - 2315850 0997689047
hydecua_gye@hydromecanica.com

ANEXO 11: Catálogo del visor de nivel de HYDROMECAÍNICA del Ecuador S.A.



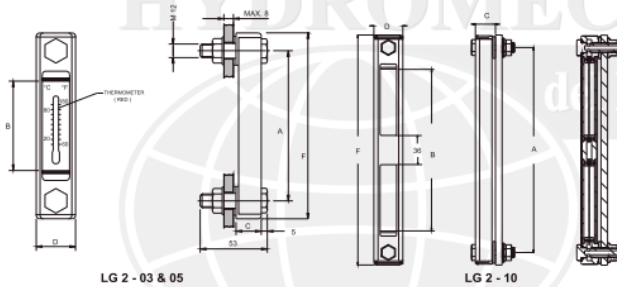
LG2

VISOR DE NIVEL



CARACTERÍSTICAS

- 3 TAMAÑOS DE 3", 5" y 10" ENTRE CENTROS DE PERNO
- PARA TANQUES NO PRESURIZADOS SOLAMENTE
- PUEDE MONTARSE EN AGUJEROS CON CINTA
- ADECUADO PARA ACEITES A BASE DE MINERAL / PETRÓLEO
- TEMPERATURA MÁXIMA 80 ° C



MODELO	MEDIDA	DETALLES
LG2-03	3"	M12 BOLTS
LG2-05	5"	M12 BOLTS
LG2-10	10"	M12 BOLTS
LG2-03T	3"	M12 BOLTS / THERMOMETERS
LG2-05T	5"	M12 BOLTS / THERMOMETERS
LG2-10T	10"	M12 BOLTS / THERMOMETERS

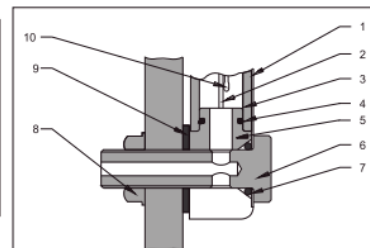
MODEL	A	B	C	D	F	WT
						KGS
LG2 - 03	76	31	20	34	108	0.23
LG2 - 05	127	76	20	34	159	0.28
LG2 - 10	254	200	20	34	286	0.41

M10 & 1/2" Pernos UNC Opcionales

CÓDIGO MODELO: MONTAJE

LG 2	- 05	T	- M 10	- X
MODELO	MEDIDA INCH	CARACTERÍSTICA OPTIONAL #	CARACTERÍSTICA SPECIAL #	CARACTERÍSTICA OPTIONAL#
LG 2	03 - 3"		M12 - STD (M12 X 1.75 BOLT)	
	05 - 5"	T - THERMOMETER (OMIT IF NOT REQD)	M10 - SPECIAL (M10 X 1.50 BOLT)	No Nuts (For Fitting On Tapped Holes)
	10 - 10"		UNC - SPECIAL (1/2" - 13 UNC)	

Dimensiones en mm para referencia solamente



- 1 CUBIERTA
- 2 INDICADOR
- 3 TUBO
- 4 'O' ANILLO (13.0 I.D. X 2.62 D t)
- 5 PIEZA FINAL
- 6 PERNO M12
- 7 ANILLO "O" (12.0 I.D. X 3.0 D t)
- 8 TUERCA (FLANGED & SERRATED)
- 9 ARANDELA (27 O.D. 12 I.D. X 3 t)
- 10 TERMÓMETRO (OPCIONAL)

<p>MATRIZ: Dirección: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejército. Telef: 2323939 - 2531923 - 2522228 0999586009 ventas2@hydromecanica.com</p>	<p>QUITO: Dirección: Av. 6 de Diciembre N48-103 y Manuel de Lizarzaburu Telef: (02)2409322 - (02)2411921 0983729761 ventas_quito@hydromecanica.com</p>	<p>SUCURSAL NORTE: Dirección: Km.3 Av. Juan Tanco Marengo, Frente a Caterpillar, a lado de las antenas de TV Cable. Telef: 2381994 - 2315850 0997689047 hydecua_gye@hydromecanica.com</p>
---	---	--

ANEXO 12: Catálogo de mangueras hidráulicas de GOODYEAR S.A.

MANGUERAS HIDRAULICAS
ALTA Y MUY ALTA PRESION

PRODUCTOS DE INGENIERIA

SAE 100R9

Ø NOMINAL		Ø INTERNO (mm)	Ø REFUERZO (mm)	Ø EXTERNO (mm)	PRESION DE TRABAJO		PRESION DE RUPTURA		RADIO MINIMO CURVATURA (mm)	PESO (kg/mt)
(mm)	(pulg)				(bar)	(psi)	(bar)	(psi)		
19	3/4"	19.0	27.4	30.2	207	3000	828	12000	241	1.21
25	1"	25.4	35.3	38.6	207	3000	828	12000	305	1.73
31	1 1/4"	31.8	44.5	48.3	172	2500	690	10000	419	2.62
38	1 1/2"	38.1	50.8	53.5	138	2000	552	8000	508	3.01
51	2"	50.8	65.1	67.4	138	2000	552	8000	660	4.61

Construcción
Tubo: compuesto de caucho sintético resistente al aceite.
Refuerzo: constituido por 4 mallas espiraladas de alambre de acero de alta resistencia.
Cubierta: compuesto de caucho sintético resistente a la abrasión e intemperie.

Temperatura de trabajo: - 40°C a + 93.3°C
Marcaje : Ejemplo de marcaje continuo
" GOODYEAR SAE 100R9 -16 1" WP 207 BAR 3000 PSI . Q .."
Aprobada por Norma: SAE 100R9

MANGUERAS HIDRAULICAS
ALTA Y MUY ALTA PRESION

PRODUCTOS DE INGENIERIA

SAE 100R12

Ø NOMINAL		Ø INTERNO (mm)	Ø REFUERZO (mm)	Ø EXTERNO (mm)	PRESION DE TRABAJO		PRESION DE RUPTURA		RADIO MINIMO CURVATURA (mm)	PESO (kg/mt)
(mm)	(pulg)				(bar)	(psi)	(bar)	(psi)		
10	3/8"	9.5	17.2	20.3	276	4000	1104	16000	130	0.70
12	1/2"	12.7	20.7	23.8	276	4000	1104	16000	180	0.84
16	5/8"	15.9	24.6	27.4	276	4000	1104	16000	200	1.10
19	3/4"	19.0	27.7	30.7	276	4000	1104	16000	240	1.33
25	1"	25.4	34.9	38.0	276	4000	1104	16000	300	1.85
31	1 1/4"	31.8	43.9	47.0	207	3000	828	12000	420	2.65
38	1 1/2"	38.1	50.4	53.5	172	2500	688	10000	500	3.20
51	2"	50.8	63.7	66.7	172	2500	688	10000	630	4.50

Construcción
Tubo: compuesto de caucho sintético resistente al aceite.
Refuerzo: constituido por 4 mallas espiraladas de alambre de acero de alta resistencia.
Cubierta: compuesto de caucho sintético resistente a la abrasión e intemperie.

Temperatura de trabajo: - 40 °C a + 121°C
Marcaje : Ejemplo de marcaje continuo
" GOODYEAR SAE 100R12 -12 3/4" WP 276 BAR 4000 PSI . Q .."
Aprobada por Norma: SAE 100R12, MSHA

MANGUERAS HIDRAULICAS
ALTA Y MUY ALTA PRESION

PRODUCTOS DE INGENIERIA

DIN EN 856 4 SP

Ø NOMINAL		Ø INTERNO (mm)	Ø REFUERZO (mm)	Ø EXTERNO (mm)	PRESION DE TRABAJO		PRESION DE RUPTURA		RADIO MINIMO CURVATURA (mm)	PESO (kg/mt)
(mm)	(pulg)				(bar)	(psi)	(bar)	(psi)		
10	3/8"	9.5	17.5	21.4	445	6450	1780	25800	180	0.78
12	1/2"	12.7	20.2	24.6	415	6000	1660	24000	230	0.93
16	5/8"	15.9	23.8	28.2	350	5000	1400	20000	250	1.17
19	3/4"	19.0	28.2	32.2	350	5000	1400	20000	300	1.48
25	1"	25.4	35.3	39.7	280	4000	1120	16000	340	2.02
31	1 1/4"	31.8	46.0	50.8	210	3000	840	12000	460	3.05
38	1 1/2"	38.1	52.4	57.2	185	2650	740	10600	560	3.52
51	2"	50.8	65.3	69.8	165	2360	660	9440	660	5.20

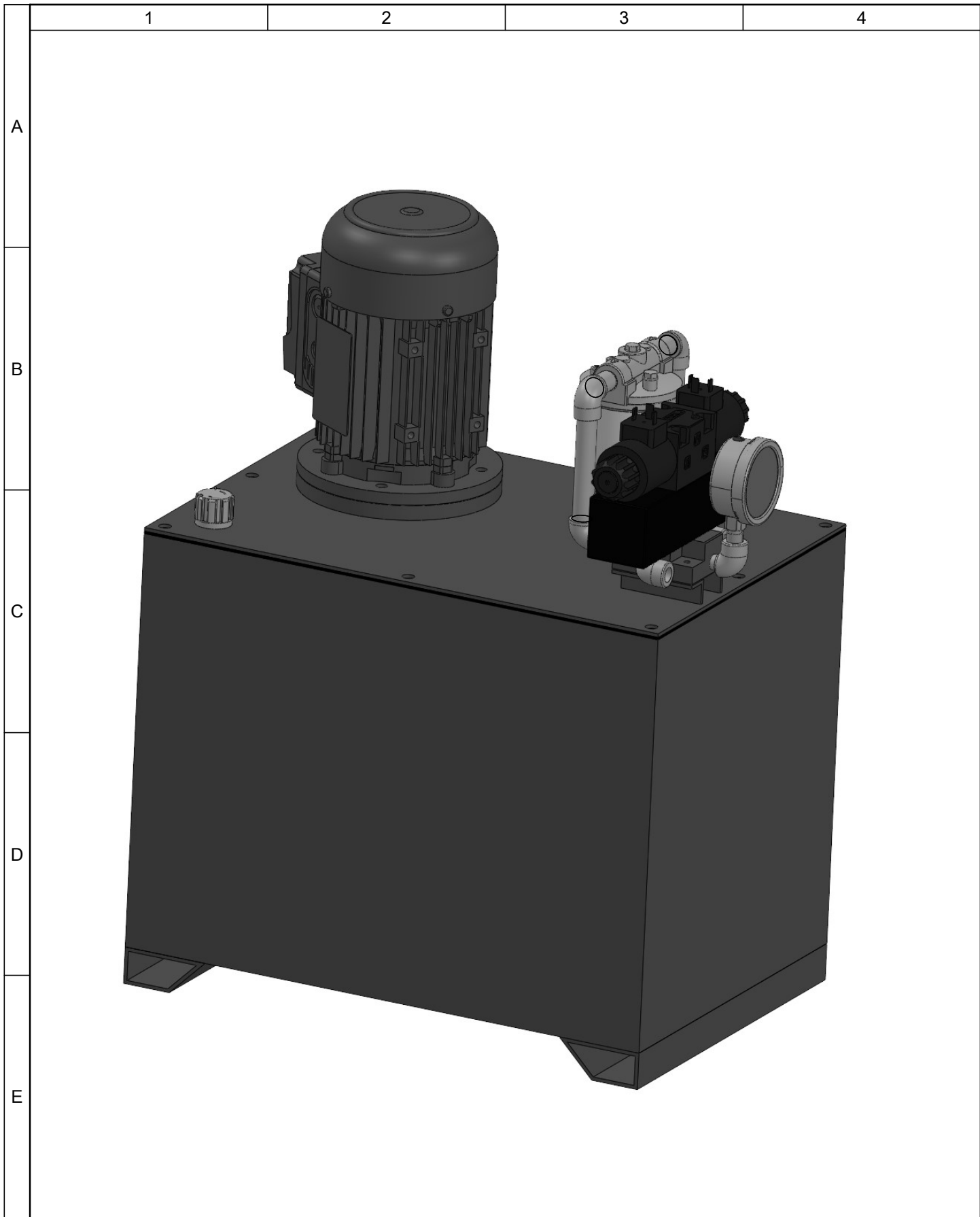
Construcción
Tubo: compuesto de caucho sintético resistente al aceite.
Refuerzo: constituido por 4 mallas espiraladas de alambre de acero de alta resistencia.
Cubierta: compuesto de caucho sintético resistente a la abrasión e intemperie.

Temperatura de trabajo: - 40°C a + 100°C (+ 120°C max)
Marcaje : Ejemplo de marcaje continuo
" GOODYEAR DIN EN 856 4 SP DN 10 SAE 100 R9R -6 3/8" WP 445 BAR 6450 PSI MSHA IC-8/08 . Q .."
Aprobada por Norma: DIN EN 856 4 SP, DNV, GL, MSHA

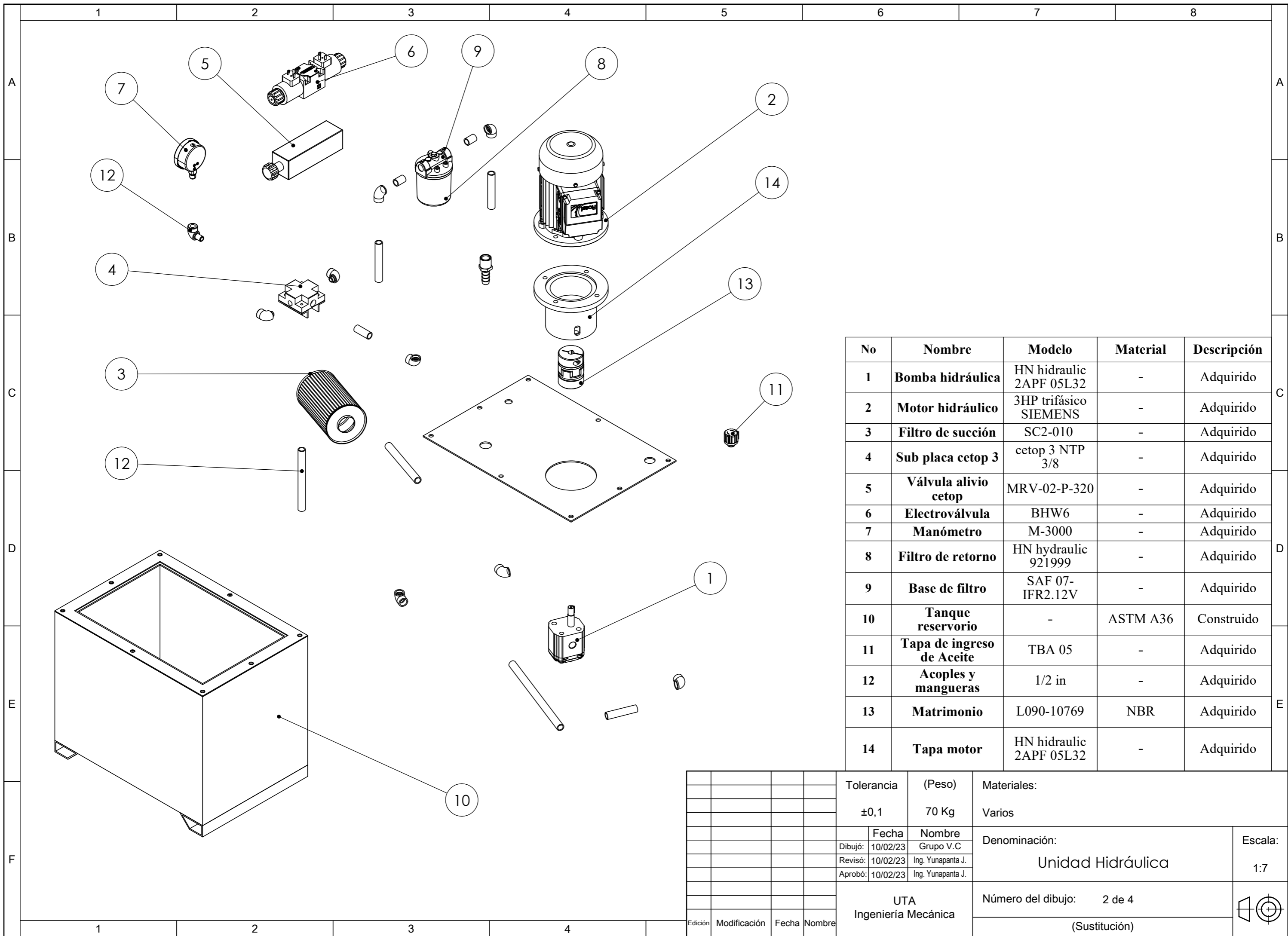
109

ANEXO 13: Planos de ensamble de la unidad hidráulica y construcción del tanque de almacenamiento.

PLANOS

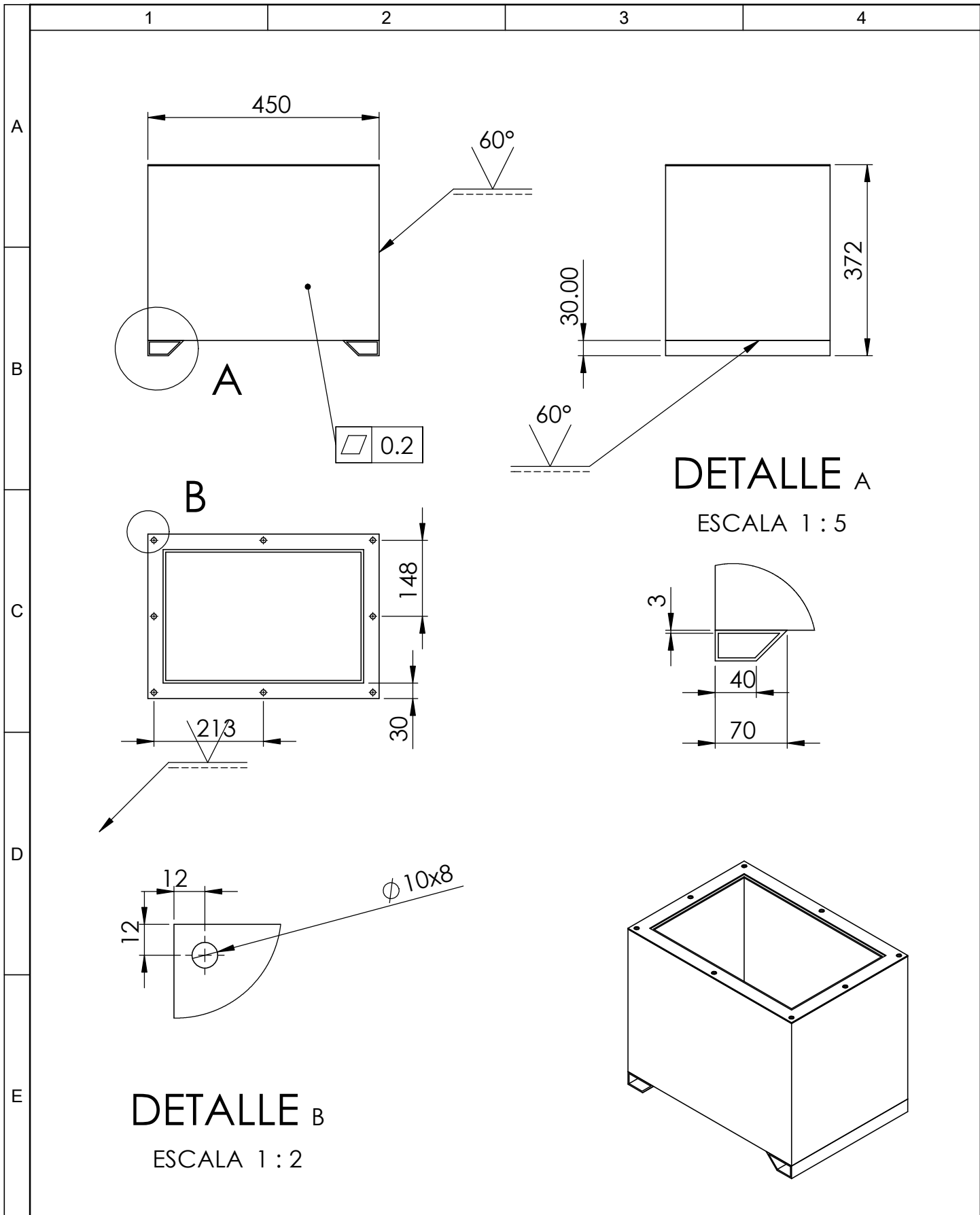


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,1	70 Kg	Varios		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 26/04/22	Grupo V.C	Unidad Hidráulica		1:4
				Revisó: 26/04/22	Ing. Yunapanta J.			
				Aprobó: 26/04/22	Ing. Yunapanta J.			
				UTA		Número del dibujo: 1 de 4		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)		



No	Nombre	Modelo	Material	Descripción
1	Bomba hidráulica	HN hidraulic 2APF 05L32	-	Adquirido
2	Motor hidráulico	3HP trifásico SIEMENS	-	Adquirido
3	Filtro de succión	SC2-010	-	Adquirido
4	Sub placa cetop 3	cetop 3 NTP 3/8	-	Adquirido
5	Válvula alivio cetop	MRV-02-P-320	-	Adquirido
6	Electroválvula	BHW6	-	Adquirido
7	Manómetro	M-3000	-	Adquirido
8	Filtro de retorno	HN hydraulic 921999	-	Adquirido
9	Base de filtro	SAF 07-IFR2.12V	-	Adquirido
10	Tanque reservorio	-	ASTM A36	Construido
11	Tapa de ingreso de Aceite	TBA 05	-	Adquirido
12	Acoples y mangueras	1/2 in	-	Adquirido
13	Matrimonio	L090-10769	NBR	Adquirido
14	Tapa motor	HN hidraulic 2APF 05L32	-	Adquirido

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	70 Kg	Varios	
					Fecha	Nombre	Denominación: Unidad Hidráulica
				Dibujó:	10/02/23	Grupo V.C	
				Revisó:	10/02/23	Ing. Yunapanta J.	
				Aprobó:	10/02/23	Ing. Yunapanta J.	
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	2 de 4
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Escala: 1:7

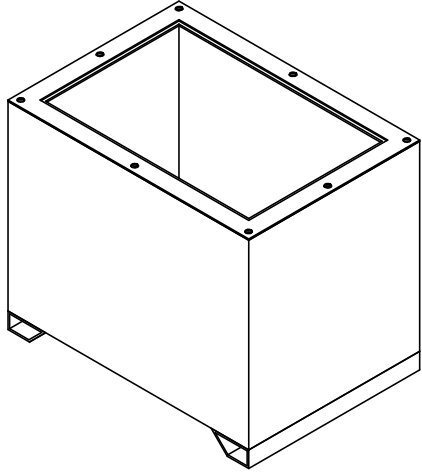


DETALLE A

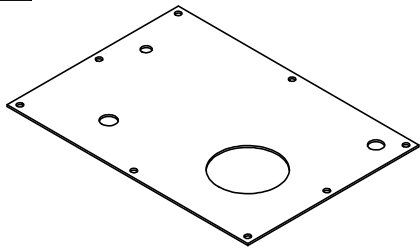
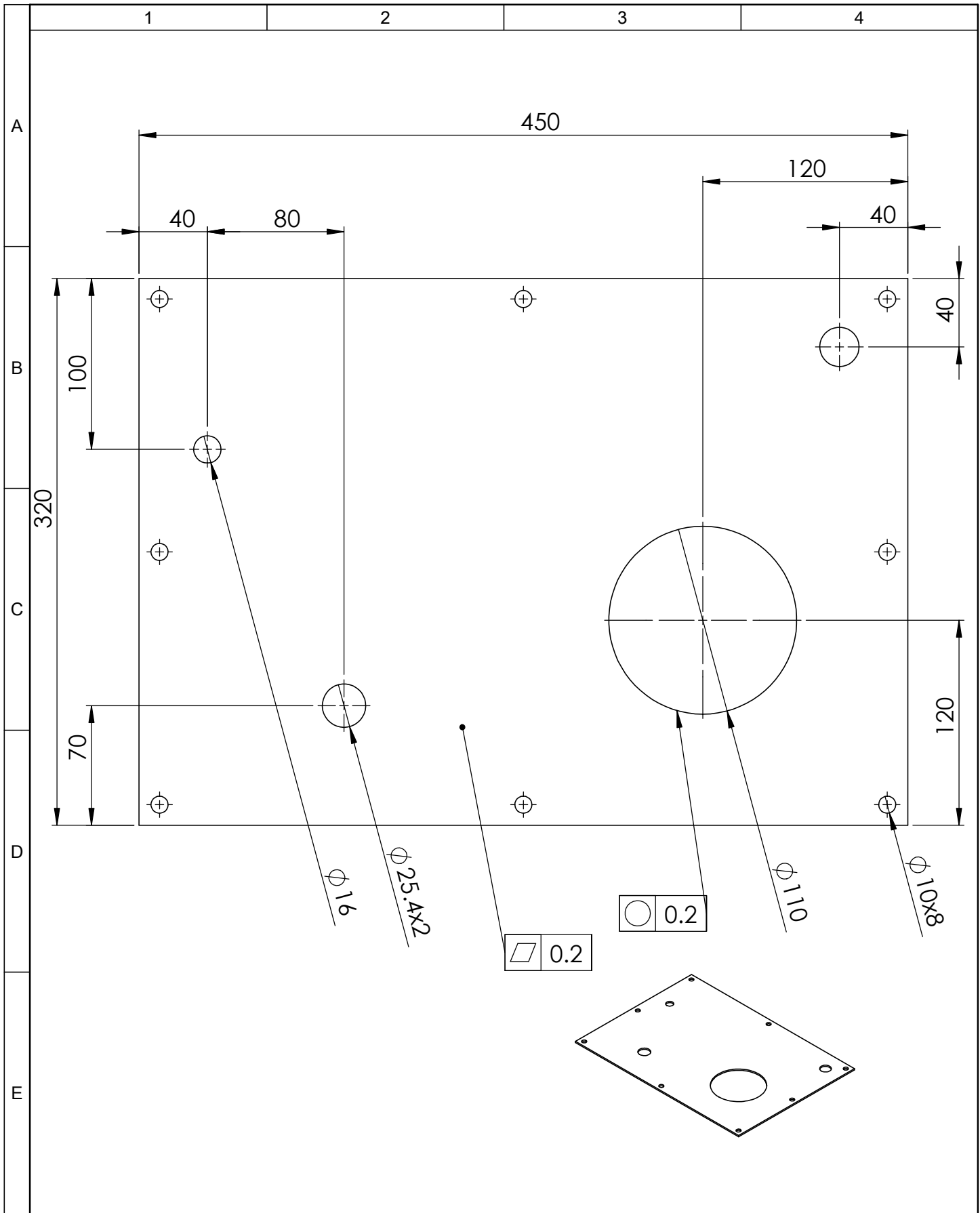
ESCALA 1 : 5

DETALLE B

ESCALA 1 : 2



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	20 Kg	Varios	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/02/23	Grupo V.C		
				Revisó: 10/02/23	Ing. Yunapanta J.		
				Aprobó: 10/02/23	Ing. Yunapanta J.	Tanque Reservorio	1:10
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	5 Kg	Varios	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/02/23	Grupo V.C		
				Revisó: 10/02/23	Ing. Yunapanta J.		
				Aprobó: 10/02/23	Ing. Yunapanta J.	Tapa del Tanque Reservorio	1:3
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	