



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO HIDRÁULICO Y SISTEMAS
DE MEDICIÓN PARA UN BANCO DE PRUEBAS DE SISTEMAS
HIDRÁULICOS PARA EL TALLER DE MAQUINARIA PESADA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

CARLOS FABIAN COLLAGUAZO PARRA

BRYAN PATRICIO TIXE GUANGA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO HIDRÁULICO Y SISTEMAS
DE MEDICIÓN PARA UN BANCO DE PRUEBAS DE SISTEMAS
HIDRÁULICOS PARA EL TALLER DE MAQUINARIA PESADA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: CARLOS FABIAN COLLAGUAZO PARRA

BRYAN PATRICIO TIXE GUANGA

DIRECTOR: ING. VÍCTOR DAVID BRAVO MOROCHO

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Carlos Fabian Collaguazo Parra, Bryan Patricio Tixe Guanga

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Carlos Fabian Collaguazo Parra & Bryan Patricio Tixe Guanga declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de junio 2024



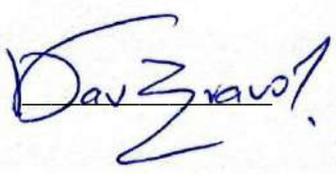
Carlos Fabian Collaguazo Parra
140075184-6



Bryan Patricio Tixe Guanga
160070080-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO HIDRÁULICO Y SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA UN BANCO DE PRUEBAS DE SISTEMAS HIDRÁULICOS PARA EL TALLER DE MAQUINARIA PESADA**, realizado por los señores: **CARLOS FABIAN COLLAGUAZO PARRA & BRYAN PATRICIO TIXE GUANGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-06-24
Ing. Víctor David Bravo Morocho DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-24
Ing. Edgar Fabian Sánchez Carrión ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-24

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mi familia, ya que su amor incondicional ha sido mi guía durante este proceso académico. A mi amado hijo Mattews, tú mi fuente constante de inspiración, cada página de esta tesis lleva impreso el eco de tus risas, la calidez de tus abrazos y la motivación que encontré en tu mirada. En cada desafío, en cada obstáculo, he recordado tu rostro, tu sonrisa, y eso me ha impulsado a superar cualquier adversidad. A mi querido amigo Luis Córdova, aunque no estés físicamente presente, siento tu espíritu guiándome en cada paso. Tu amistad fue un regalo precioso que atesoro en mi corazón. Dedico este logro a tu memoria y agradezco por los recuerdos que compartimos, que siempre vivirán en mi corazón.

Carlos

Esta tesis está dedicada a mis padres Manuel Tixe y María Guanga, a mis hermanos Ángel, Lizbeth y familiares quienes me han brindado su amor incondicional, apoyo constante y sabiduría invaluable a lo largo de mi vida y durante todo este proceso académico. Su sacrificio y dedicación han sido la inspiración que me ha impulsado a alcanzar mis metas y perseguir mis sueños. También a mis amigos y compañeros de estudio, quienes han compartido conmigo risas, lágrimas y largas horas de trabajo. Su compañía y compañerismo han enriquecido mi experiencia académica y de vida han hecho este viaje mucho más gratificante. Finalmente, dedico este trabajo a todas las personas que han contribuido de alguna manera a mi formación académica y personal. Vuestras enseñanzas, consejos y palabras de aliento han dejado una huella imborrable en mi camino hacia el conocimiento.

Bryan

AGRADECIMIENTO

En este momento tan significativo y emocionante, no puedo dejar de expresar mi profundo agradecimiento a mis familiares por su inquebrantable apoyo, su constante aliento, paciencia y amor han sido la fuerza impulsora que me ha permitido llegar hasta aquí. A ustedes, mis queridos padres, les agradezco por su sacrificio, dedicación y valores inculcados, que han sido la base de mi educación. Su apoyo incondicional y confianza en mis capacidades han sido el faro que me ha guiado a lo largo de mi vida. A mis amados abuelos, les agradezco por su sabiduría, experiencias compartidas y el legado de amor familiar que han transmitido a través de generaciones. Sus historias de vida han sido una inspiración constante para mí, motivándome a esforzarme cada día. A mis amigos, quienes han estado a mi lado en cada paso de este camino, brindándome apoyo incondicional. Su aliento y positividad fueron mi luz en los momentos más desafiantes.

Carlos

Quisiera expresar mi profunda gratitud al Ing. Víctor David Bravo Morocho, por su orientación experta, paciencia inquebrantable y dedicación incansable a lo largo de este proceso de investigación, también agradezco sinceramente a la Escuela De Ingeniería Automotriz De La ESPOCH, por brindarme los recursos necesarios y el ambiente propicio para llevar a cabo esta investigación, quiero también agradecer a mis amigos y seres queridos, por su inquebrantable apoyo, comprensión y ánimo durante los momentos difíciles, finalmente quiero dedicar un especial agradecimiento a mi familia. Su amor incondicional, sacrificio y constante estímulo han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante en esta travesía académica, sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

Bryan

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Brazo hidráulico.....	4
2.2. Principios fundamentales del brazo hidráulico.....	4
2.2.1. <i>Ley de Pascal</i>	4
2.2.2. <i>Fluido hidráulico</i>	4
2.2.3. <i>Principio de Bernoulli</i>	5
2.3. Componentes del sistema hidráulico.....	5
2.3.1. <i>Bomba hidráulica</i>	5
2.3.1.1 <i>Tipos de bombas</i>	6
2.3.2. <i>Válvulas de control</i>	8
2.3.2.1 <i>Tipos de válvulas de control comunes</i>	8
2.3.3. <i>Cilindros hidráulicos</i>	9
2.3.3.1 <i>Tipos de cilindros hidráulicos</i>	9
2.3.4. <i>Filtros</i>	11
2.3.5. <i>Mangueras y conductos</i>	11
2.3.5.1 <i>Mangueras de alta presión</i>	11
2.3.5.2 <i>Características de mangueras de alta presión</i>	11
2.3.5.3 <i>Nomenclatura de las mangueras de alta presión</i>	12
2.3.5.4 <i>Componentes y diseño</i>	13
2.4. Análisis del brazo hidráulico.....	13

2.4.1.	<i>Cinemática del brazo</i>	13
2.4.1.1	<i>Componentes del brazo</i>	14
2.4.1.2	<i>Estudio de movimientos</i>	14
2.4.2.	<i>Materiales y resistencia de materiales</i>	14
2.4.3.	<i>Análisis de esfuerzos</i>	14
2.4.3.1	<i>Esfuerzo</i>	14
2.4.3.2	<i>Esfuerzo de aplastamiento</i>	15
2.4.3.3	<i>Esfuerzo cortante</i>	15
2.4.3.4	<i>Esfuerzo normal</i>	15
2.4.3.5	<i>Momento flector</i>	16
2.4.3.6	<i>Factor de seguridad</i>	16
2.5.	<i>Grados de libertad del brazo hidráulico</i>	16
2.5.1.	<i>Ecuación de Gruebler</i>	16
2.6.	<i>Implementación y control</i>	17
2.6.1.	<i>Sistemas de control</i>	17
2.6.2.	<i>Pruebas y ajustes</i>	17
2.6.3.	<i>Mantenimiento y seguridad</i>	17
CAPÍTULO III		
3.	<i>MARCO METODOLÓGICO</i>	18
3.1.	<i>Metodología</i>	18
3.1.1.	<i>Método inductivo</i>	18
3.1.2.	<i>Método deductivo</i>	18
3.1.3.	<i>Método experimental</i>	18
3.2.	<i>Técnicas</i>	18
3.2.1.	<i>Técnica de recopilación de información</i>	18
3.2.1.1	<i>Identificación de fuentes de información</i>	19
3.2.1.2	<i>Evaluación y selección de información</i>	19
3.2.1.3	<i>Recopilación de datos</i>	19
3.2.2.	<i>Técnica de fichas técnicas</i>	19
3.2.2.1	<i>Identificación de información relevante</i>	19
3.2.2.2	<i>Organización y clasificación de las fichas</i>	20
3.2.3.	<i>Organigrama del proyecto</i>	20
3.3.	<i>Desarrollo del trabajo</i>	20
3.3.1.	<i>Modelado del brazo hidráulico</i>	20
3.3.2.	<i>Diseño del plano hidráulico</i>	21
3.3.2.1	<i>Diagrama del sistema hidráulico</i>	22

3.3.3.	<i>Selección de cañerías de alta presión</i>	23
3.3.3.1	<i>Cálculos para selección de cañerías</i>	24
3.3.3.2	<i>Caídas de presión</i>	26
3.3.3.3	<i>Selección de cañerías</i>	29
3.3.4.	<i>Selección de cilindros</i>	29
3.3.4.1	<i>Cálculo cilindro de excavación</i>	31
3.3.4.2	<i>Cálculo cilindro de extensión</i>	33
3.3.4.3	<i>Cálculo cilindro de giro</i>	36
3.3.4.4	<i>Cálculo cilindro de elevación</i>	38
3.3.5.	<i>Instrumentación</i>	41
3.3.5.1	<i>Manómetros</i>	41
3.3.6.	<i>Estructura</i>	44
3.3.6.1	<i>Configuración del brazo</i>	44
3.3.6.2	<i>Grados de libertad del brazo hidráulico</i>	48
3.3.6.3	<i>Cálculo de los Grados de libertad del brazo hidráulico</i>	50
3.3.7.	<i>Diagrama de procesos</i>	51
3.3.8.	<i>Implementación del brazo hidráulico</i>	51
3.3.8.1	<i>Diseño del sistema hidráulico</i>	52
3.3.8.2	<i>Instalación del sistema hidráulico en el banco de pruebas</i>	52
3.3.8.3	<i>Configuración de la válvula de control</i>	53
3.3.8.4	<i>Pruebas del sistema hidráulico</i>	53
3.3.8.5	<i>Implementación del sistema de control</i>	55
3.3.8.6	<i>Pruebas de funcionamiento del brazo hidráulico</i>	56
3.3.9.	<i>Mantenimiento del brazo hidráulico</i>	57
3.3.9.1	<i>Inspección visual</i>	57
3.3.9.2	<i>Verificación de niveles de fluido</i>	57
3.3.9.3	<i>Filtración del fluido</i>	57
3.3.9.4	<i>Revisión de mangueras y conductos</i>	57
3.3.9.5	<i>Sistema de sellado</i>	57
3.3.9.6	<i>Lubricación</i>	58
3.3.9.7	<i>Alineación y juego</i>	58
3.3.9.8	<i>Cilindros hidráulicos</i>	58
3.3.9.9	<i>Comprobación de presiones</i>	58
3.3.9.10	<i>Mantenimiento preventivo</i>	58
3.3.9.11	<i>Registro de mantenimiento</i>	59
3.3.10.	<i>Pruebas de funcionamiento</i>	59

3.3.10.1	<i>Movimientos básicos</i>	59
3.3.10.2	<i>Verificación de velocidad y potencia</i>	59
3.3.10.3	<i>Prueba de carga</i>	59
3.3.10.4	<i>Prueba de precisión</i>	60
CAPÍTULO IV		
4.	Resultados	61
4.1.	Presiones de trabajo	61
4.2.	Mangueras	62
4.2.1.	<i>Caídas de presión</i>	62
4.3.	Cilindros hidráulicos	65
4.4.	Manual de operación	65
4.5.	Hoja de inspección	65
4.6.	Guía de practica	66
CAPÍTULO V		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1.	Conclusiones	67
5.2.	Recomendaciones	68
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Simbología.....	23
Tabla 3-2: Selección de cañerías	29
Tabla 3-3: Manómetro (Glicerina): WINTERS PFQ.....	41
Tabla 3-4: Manómetro (Glicerina): Modelo 2000 SS DEWIT	42
Tabla 3-5: Manómetro (Glicerina): Modelo: AST 830.003.5000	42
Tabla 3-6: Selección de manómetros.	43
Tabla 4-1: Selección de Cilindros Hidráulicos	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Bomba hidráulica.	5
Ilustración 2-2: Bomba de engranajes externos	6
Ilustración 2-3: Bomba de engranajes externos	6
Ilustración 2-4: Bomba de paletas.	7
Ilustración 2-5: Bomba de pistones axiales.	7
Ilustración 2-6: Bomba de pistones radiales.	8
Ilustración 2-7: Válvulas de control.....	8
Ilustración 2-8: Cilindro de doble efecto.	9
Ilustración 2-9: Cilindro de doble vástago.....	10
Ilustración 2-10: Cilindro de simple efecto.	10
Ilustración 2-11: Cilindro de efecto simple con retroceso por resorte.....	10
Ilustración 2-12: Mangueras y conductos.	11
Ilustración 2-13: Nomenclatura de mangueras.	13
Ilustración 3-1: Organigrama.....	20
Ilustración 3-2: Configuración del brazo hidráulico (vista lateral).	21
Ilustración 3-3: Configuración del brazo hidráulico (vista superior).	21
Ilustración 3-4: Configuración del circuito Hidráulico.	22
Ilustración 3-5: Nomenclatura de mangueras.	27
Ilustración 3-6: Cilindro hidráulico de doble efecto serie 1000.	31
Ilustración 3-7: Brazo Principal.....	44
Ilustración 3-8: Cilindro de Elevación.....	45
Ilustración 3-9: Cilindro de Excavación.	45
Ilustración 3-10: Brazo de excavación o pluma.	46
Ilustración 3-11: Cucharón de excavación.....	46
Ilustración 3-12: Cilindro de giro.	47
Ilustración 3-13: Válvula de control.	47
Ilustración 3-14: Mangueras Hidráulicas.....	48
Ilustración 3-15: Conexiones.....	48
Ilustración 3-16: Movimientos de un Brazo hidráulico.....	49
Ilustración 3-17: Configuración del brazo hidráulico (vista lateral)	50
Ilustración 3-18: Organigrama.....	51
Ilustración 3-19: Integración del sistema Hidráulico.	52
Ilustración 3-20: T con acople rápido para manómetros.....	53
Ilustración 3-21: Válvulas de control.....	53

Ilustración 3-22: Brazo extendido.	54
Ilustración 3-23: Brazo recogido.	54
Ilustración 3-24: Brazo en posición de descanso.	55
Ilustración 3-25: Sistema de control.	55
Ilustración 3-26: Pruebas de funcionamiento en condiciones de trabajo.....	56
Ilustración 3-27: Pruebas de funcionamiento excavación.	56
Ilustración 3-28: Levantamiento de Carga.....	60
Ilustración 4-1: Presión de trabajo válvula de control.....	61
Ilustración 4-2: Presión cilindro de elevación Brazo retraído.	62
Ilustración 4-3: Presión cilindro de elevación completa.	63
Ilustración 4-4: Presión cilindro de excavación retracción completa.	63
Ilustración 4-5: Medición caídas de presión de cilindro de elevación.....	64
Ilustración 4-6: Medición caídas de presión de cilindro de excavación.	64

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** FICHAS TÉCNICAS DE CILINDROS
- ANEXO B:** FICHAS TÉCNICAS DE MANGUERAS
- ANEXO C:** FICHAS TÉCNICAS DE MANÓMETROS
- ANEXO D:** MANUAL DE OPERACIÓN
- ANEXO E:** HOJA DE INSPECCIÓN
- ANEXO F:** GUÍA DE PRÁCTICA
- ANEXO G:** FICHA TÉCNICA MAQUINA KOMATSU PC28UU-1

RESUMEN

La puesta en servicio de un sistema hidráulico en un banco de pruebas es un proceso complejo que involucra diseño, ingeniería, análisis y pruebas rigurosas para garantizar el rendimiento y la seguridad. El objetivo principal de este proyecto fue implementar un brazo hidráulico en un banco de pruebas del Taller de Maquinaria Pesada de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Al diseñar un sistema hidráulico se tuvo que considerar factores clave como la selección de componentes, el ensamblaje del circuito, las dimensiones del actuador y la integración en los sistemas de control. Este trabajo describió en detalle la selección de cañerías, cilindros hidráulicos y los cálculos específicos de cada componente, ya que son necesarios para los requisitos del sistema, tipo de fluido, diámetro y espesor de la tubería y protección contra efectos adversos. El proyecto incluyó manómetros que estiman las pérdidas de presión y la presión de funcionamiento. El brazo hidráulico incluyó cilindros de elevación, excavación, extensión y giro con mangueras, válvulas de control y conexiones. Se describen los grados de libertad del brazo y para calcularlos se utiliza el criterio de Gruebler. La implementación incluyó el diseño, instalación e instalación del sistema hidráulico. Se realizan pruebas de compresión, movimiento base, carga, precisión y función y se documentan los resultados. El proyecto presentó un enfoque integral para la implementación del brazo hidráulico, desde la selección de componentes hasta las pruebas y el mantenimiento. Para seguir mejorando el sistema se recomienda preparar programas de mantenimiento. La participación de los estudiantes en el mantenimiento de equipos promueve el aprendizaje práctico y la gestión eficaz.

Palabras clave: < BRAZO HIDRÁULICO > < SELECCIÓN DE COMPONENTES >
<SISTEMA HIDRÁULICO> <GRADOS DE LIBERTAD> <PRUEBAS DE
FUNCIONAMIENTO> <MANTENIMIENTO> <SISTEMA HIDRÁULICO >

1053-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The commissioning of a hydraulic system on a test bench is a complex process that involves design, engineering, analysis and rigorous testing to ensure performance and safety. The main objective of this project was to implement a hydraulic arm on a test bench at the Heavy Machinery Workshop at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. In designing the hydraulic system, key factors such as component selection, circuit assembly, actuator dimensions, and integration into control systems had to be considered. This work described in detail the selection of piping, hydraulic cylinders and the specific calculations of each component, as they are necessary for the system requirements, fluid type, pipe diameter and thickness, and protection against adverse effects. The project included pressure gauges that estimate pressure losses and operating pressure. The hydraulic arm included lift, dig, extend and swing cylinders with hoses, control valves and connections. The degrees of freedom of the arm are described and the Gruebler criterion is used to calculate them. The implementation included the design, installation and setup of the hydraulic system. Compression, basic motion, load, accuracy and function tests are performed, and the results documented. The project presented a comprehensive approach to the implementation of the hydraulic arm, from component selection to testing and maintenance. To further improve the system, it is recommended that maintenance schedules be prepared. Student participation in equipment maintenance promotes hands-on learning and effective management.

Keywords: <HYDRAULIC ARM > < COMPONENT SELECTION > <HYDRAULIC SYSTEM> <DEGREES OF FREEDOM> <FUNCTION TESTS> <MANAGEMENT> <HYDRAULIC SYSTEM>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema Mgs
C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

Los sistemas hidráulicos han revolucionado muchos campos de la ingeniería y la tecnología, proporcionando una solución eficiente y eficaz a diversas aplicaciones. Dentro de este amplio espectro, los gatos hidráulicos destacan como una herramienta versátil que puede utilizarse en campos tan diversos como la construcción, la fabricación, la robótica y la ingeniería mecánica en general. Realizar un sistema hidráulico como un brazo hidráulico para su uso en un banco de pruebas es un proceso complejo que involucra diseño, ingeniería, análisis y pruebas de precisión para garantizar un rendimiento óptimo y confiable.

El objetivo principal de un banco de pruebas que usa un brazo hidráulico es evaluar parámetros como el rendimiento y eficacia del sistema hidráulico en diferentes condiciones. Requiere someter el brazo a diferentes cargas, diferentes velocidades de funcionamiento y situaciones que simulen condiciones reales para confirmar su eficacia y fiabilidad. La implementación exitosa de un sistema de este tipo requiere un conocimiento profundo de los principios hidráulicos y los aspectos mecánicos involucrados en el funcionamiento del brazo.

En este sentido, se deben considerar varios factores clave al diseñar un sistema hidráulico, como la elección correcta de componentes, la configuración del circuito hidráulico, el tamaño de los actuadores y la integración en los sistemas de control y monitorización. Además, la seguridad, la eficiencia energética y la capacidad de mantenimiento son aspectos críticos que influyen en el diseño y la implementación del sistema.

El corazón de un sistema hidráulico es la unidad de potencia hidráulica, que consta de una bomba, un tanque de fluido, válvulas de control y filtración. La bomba se encarga de generar la presión necesaria para accionar los actuadores hidráulicos encargados del trabajo mecánico. Estos actuadores pueden ser cilindros hidráulicos, motores hidráulicos o sistemas combinados que convierten la energía hidráulica en movimiento lineal o giratorio, según las necesidades del brazo.

La instalación del sistema hidráulico junto con el brazo en el banco de prueba conlleva diversas medidas para garantizar que todos los componentes estén configurados y los actuadores y mangueras hidráulicas estén bien conectadas, además de la instalación de sistemas de control y monitoreo que lo ayuden a realizar un seguimiento y ajuste del rendimiento de los brazos durante la prueba. Es fundamental que el control se calibre para que los parámetros de control se verifiquen y se realice una prueba de carga.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Un banco de pruebas para el análisis de sistemas hidráulicos está diseñado para evaluar y validar el rendimiento, la eficiencia y la funcionalidad, proporcionando un entorno controlado donde se pueden realizar pruebas exhaustivas en los componentes que conforman el brazo hidráulico de una miniexcavadora antes de su implementación en una aplicación específica.

En el laboratorio de Maquinaria Pesada de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se ha detectado la inexistencia de un banco de pruebas el cual proporcione datos del funcionamiento de los sistemas hidráulicos realizando un análisis de mangueras de alta presión, cilindros hidráulicos y válvulas reguladoras de presión que van a proveer la fuerza de elevación que influye en la operación de este banco de pruebas.

1.2. Justificación

La obtención de datos del funcionamiento del brazo hidráulico y sistemas de medición en un banco de pruebas didáctico aplicado a maquinaria pesada en la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, permite comprender, evaluar y analizar el funcionamiento de este mecanismo. Es importante el desarrollo de este proyecto ya que se puede explorar innovaciones en el diseño, materiales y sistemas de control que impulsen la eficiencia y el rendimiento de los brazos hidráulicos.

Este proyecto puede abordar la optimización de parámetros operativos clave, como presiones hidráulicas, caudales y geometría del brazo. Esto permitirá identificar configuraciones óptimas que maximicen la eficiencia energética y la capacidad de carga, mejorando así el rendimiento general del mecanismo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Implementar un brazo hidráulico a partir de una selección minuciosa de brazos y cilindros hidráulicos disponibles en el mercado nacional para uso didáctico en el taller de maquinaria pesada de la escuela ingeniería automotriz ESPOCH.

1.3.2. Objetivos específicos

- Obtener referencias bibliográficas relacionadas a brazos hidráulicos de aplicaciones didácticas mediante revistas regionales y de alto impacto para comprender el principio de funcionamiento del brazo hidráulico.
- Analizar y comparar los diferentes brazos hidráulicos y cilindros disponibles en el mercado nacional que cumplan con características específicas para el uso didáctico de la carrera de ingeniería Automotriz aplicando en software CAE para la correcta selección de los componentes que formaran parte de este proyecto.
- Implementar el sistema de brazo hidráulico aplicando normas de seguridad y consideraciones tecnológicas del fabricante para aplicaciones didácticas en el laboratorio de maquinaria pesada de la escuela de Ingeniería Automotriz.
- Elaborar una hoja de inspección, manual de usuario y guías de laboratorio del brazo hidráulico implementando, siguiendo las consideraciones técnicas del fabricante para garantizar el correcto funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Brazo hidráulico

El brazo hidráulico de una miniexcavadora es un componente crítico que permite mover y manipular la excavadora, ya sea un cucharón, un martillo hidráulico u otra herramienta adjunta. Su diseño y operación consta de actuadores hidráulicos, articulaciones y componentes estructurales diseñados para realizar movimientos controlados y precisos. (Ventura, 2020)

2.2. Principios fundamentales del brazo hidráulico

2.2.1. Ley de Pascal

Formulado por Blaise Pascal, indica que la presión ejercida sobre un fluido limitado se transmite en todas direcciones y a todos los puntos del fluido con igual intensidad. (Carrera , y otros, 2018)

Matemáticamente esto se expresa como:

$$P = F/A$$

Donde:

P: es la presión,

F: es la fuerza aplicada y

A: es el área sobre la que se aplica la fuerza.

2.2.2. Fluido hidráulico

En los sistemas hidráulicos el fluido hidráulico tiene como misión transmitir potencia, lubricar y minimizar las fugas y pérdida de potencia. La presión ejercida por un líquido en reposo aumenta con la profundidad y es proporcional a la densidad del líquido y a la aceleración debido a la gravedad. (Chuchuca, y otros, 2020)

La ecuación fundamental es:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Donde:

P: es la presión,

ρ : es la densidad del líquido,

g: es la aceleración debido a la gravedad y

h: es la altura o profundidad.

2.2.3. Principio de Bernoulli

Determina la relación entre la velocidad de un fluido, su presión y su altura potencial. Describe que, en un flujo constante de un líquido ideal sin viscosidad, la suma de la presión estática, la presión dinámica y la energía potencial por unidad de volumen permanece constante durante todo el flujo. (Cengel, y otros, 2006 pág. 185)

2.3. Componentes del sistema hidráulico

2.3.1. Bomba hidráulica

Las bombas hidráulicas convierten la energía mecánica en energía hidráulica. Esto se logra mediante mecanismos internos que crean un flujo de fluido a alta presión. Los tipos de bombas más comunes son las bombas de engranajes, las bombas de paletas, las bombas de pistones axiales y las bombas de pistones radiales. La bomba es el componente principal que produce el flujo de fluido hidráulico a alta presión (de las Heras, 2018 pág. 121).



Ilustración 2-1: Bomba hidráulica.

Fuente: Pravectus

2.3.1.1 Tipos de bombas

- Bomba de Engranajes: una bomba de engranajes es un tipo de bomba hidráulica que se utiliza para transportar fluidos como aceite hidráulico en sistemas hidráulicos y aplicaciones industriales. Su funcionamiento se basa en el principio de movimiento del agua, lo que significa que en cada ciclo de bomba se desplaza una determinada cantidad de líquido. Una bomba de engranajes consta principalmente de dos engranajes entrelazados que giran dentro de una carcasa sellada, estos pueden ser externos (ubicados fuera de la carcasa) o internos (ubicados dentro de la carcasa). (Roldán Viloría, 2012 pág. 169)

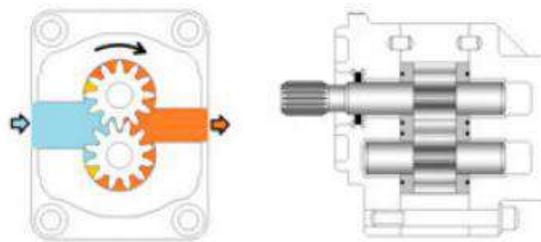


Ilustración 2-2: Bomba de engranajes externos

Fuente: Heras, 2011

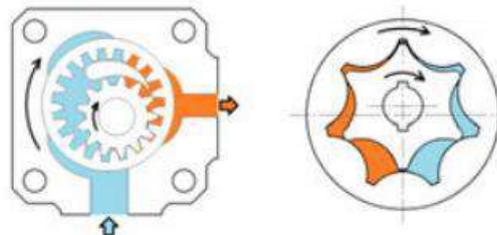


Ilustración 2-3: Bomba de engranajes internos

Fuente: Heras, 2011

- Bomba de paletas: una bomba de paletas es otro tipo de bomba hidráulica que se utiliza para transportar fluidos en sistemas hidráulicos. Al igual que una bomba de engranajes, una bomba de paletas es una bomba de desplazamiento positivo, lo que significa que desplaza una cantidad fija de líquido durante cada ciclo. (Roldán Viloría, 2012 pág. 170)

La bomba de paletas se caracteriza por un rotor con ranuras radiales en las que se colocan las paletas. Estas paletas son piezas delgadas que entran y salen debido a la fuerza centrífuga y las diferencias de presión, manteniendo contacto con la carcasa de la bomba y la pared interior del rotor.

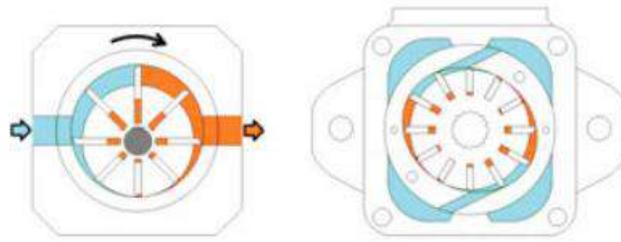


Ilustración 2-4: Bomba de paletas.

Fuente: Heras, 2011

- Bomba de pistones axiales: la bomba de pistones axiales pertenece a la categoría de bombas de desplazamiento positivo. Estas bombas son conocidas por su eficiencia y capacidad para generar una presión significativa en sistemas hidráulicos. Su diseño se basa en el movimiento axial de pistones para mover fluido. (Cengel, y otros, 2006 pág. 172)

Estas bombas tienen la capacidad de producir presiones muy altas y son adecuadas para aplicaciones que requieren flujo variable y control preciso. Además, son eficientes y tienen un diseño compacto. Se utilizan en muchas aplicaciones, como sistemas hidráulicos industriales, maquinaria móvil y equipos de construcción.

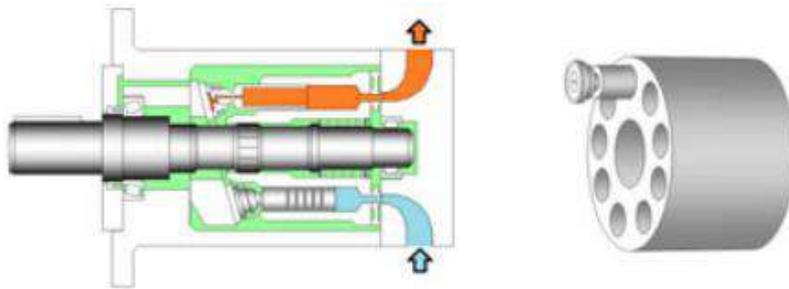


Ilustración 2-5: Bomba de pistones axiales.

Fuente: Heras, 2011

- Bomba de pistones radiales: las bombas de pistones radiales pertenecen a la categoría de bombas de desplazamiento. A diferencia de las bombas de pistones axiales, donde los pistones se mueven axialmente, en las bombas de pistones radiales, los pistones se mueven radialmente hacia afuera desde el eje central de la bomba. Este tipo de bomba es conocida por su capacidad de producir alta presión y se utiliza en diversas aplicaciones industriales. (Cengel, y otros, 2006 pág. 173)

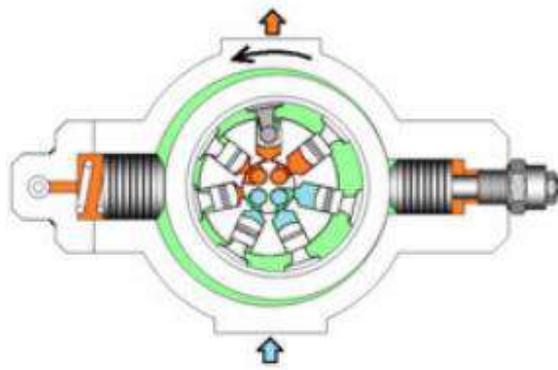


Ilustración 2-6: Bomba de pistones radiales.

Fuente: Heras, 2011

2.3.2. Válvulas de control

Estas válvulas controlan el flujo de aceite en el sistema, dirigiéndolo a los cilindros hidráulicos y regulando la presión, dirección y velocidad. Ejemplos de estos son los reguladores de presión direccionales y las válvulas de flujo (Campo, 2014).



Ilustración 2-7: Válvulas de control.

Fuente: INDURETROS

2.3.2.1 Tipos de válvulas de control comunes

1. Válvulas direccionales: Se utilizan mayoritariamente en sistemas hidráulicos de maquinaria pesada. Le permiten seleccionar la dirección del flujo de fluido hidráulico a los cilindros para controlar los movimientos del brazo, como extensión, retracción, paso y rotación.

2. Válvulas de control de caudal: Ajustan la cantidad de fluido hidráulico que fluye hacia los actuadores, lo que permite ajustar la velocidad de los movimientos del brazo, proporcionando un control más preciso sobre la velocidad de elevación, extensión o retracción.
3. Válvulas de alivio de presión: Mantienen la presión hidráulica dentro de límites seguros y protegen los componentes del sistema de sobrecargas de presión que pueden dañar los cilindros o las mangueras.
4. Válvulas de Retención: Permiten que el fluido fluya en una dirección y evitan que fluya en la dirección opuesta, lo que evita el reflujo no deseado en el sistema y mantiene la presión.

2.3.3. Cilindros hidráulicos

Son actuadores que convierten la energía hidráulica en movimiento mecánico lineal. Consisten en un cilindro con un pistón móvil que se mueve cuando se aplica presión al líquido. En el caso de un brazo de excavadora, estos cilindros se encargan de extender o retraer el brazo y controlar su altura o inclinación. (Cengel, y otros, 2006 pág. 358)

2.3.3.1 Tipos de cilindros hidráulicos

- **Cilindros de doble efecto:** Son los más comunes y tienen la capacidad de generar fuerza tanto en extensión como en retracción del pistón. Se pueden utilizar en diversas aplicaciones, como subir y bajar el brazo de la excavadora.

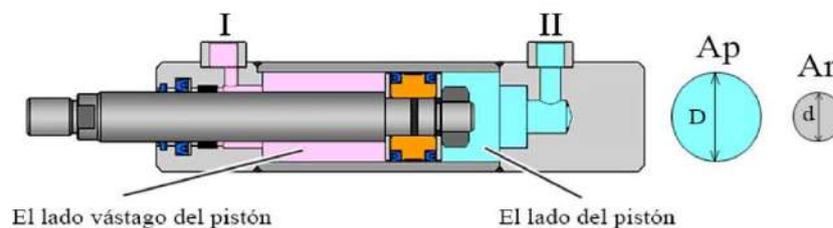


Ilustración 2-8: Cilindro de doble efecto.

Fuente: Hydraulic-calculation.

- **Cilindro de doble vástago:** La fuerza máxima transmitida en ambas direcciones está determinada por las superficies de los neumáticos del mismo tamaño y la presión máxima de funcionamiento. En otras palabras, si la presión de trabajo es la misma, las fuerzas son iguales en ambas direcciones. Dado que las superficies y las longitudes de carrera son iguales en

ambos lados, las cámaras a llenar también son las mismas. Esto significa que las velocidades también son las mismas.

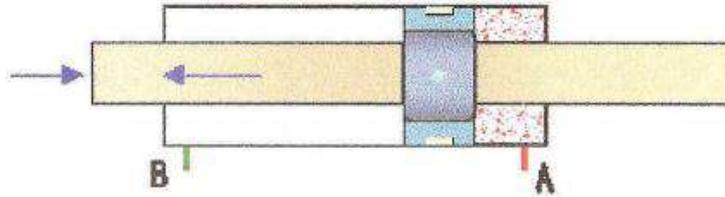


Ilustración 2-9: Cilindro de doble vástago

Fuente: Morales, 2005

- **Cilindros de simple efecto:** Generan fuerza en una sola dirección, normalmente hacia afuera. El pistón se retrae por una fuerza externa como un resorte o la gravedad. Son menos comunes en maquinaria pesada.

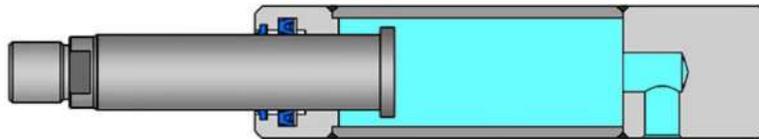


Ilustración 2-10: Cilindro de simple efecto.

Fuente: Hydraulic-calculation.

- **Cilindros de efecto simple con retroceso por resorte:** Los cilindros que utilizan resortes para el retroceso se utilizan en situaciones en las que no existe una fuerza externa para realizar el retroceso. Estos resortes de retorno pueden ubicarse dentro del propio cilindro. Debido a que los resortes están limitados en distancia y fuerza, se usan principalmente en cilindros pequeños.

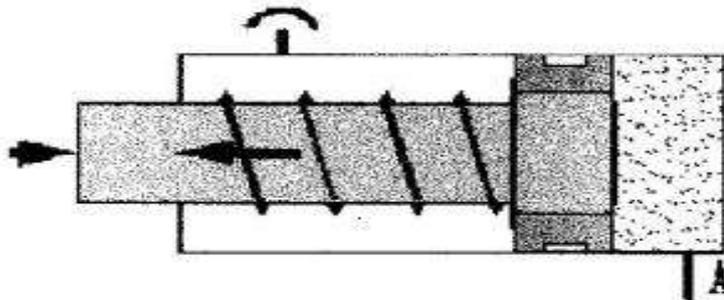


Ilustración 2-11: Cilindro de efecto simple con retroceso por resorte

Fuente: Morales, 2005

2.3.4. Filtros

Los filtros se utilizan para mantener limpio el aceite hidráulico atrapando suciedad y partículas que pueden dañar los componentes del sistema. Extienden la vida útil de los elementos y mantienen un funcionamiento eficiente.

2.3.5. Mangueras y conductos

Estos son conductos por donde circula el fluido hidráulico desde la bomba hasta los cilindros y demás componentes. Deben ser resistentes a la presión y al desgaste para garantizar un flujo de fluido eficiente y seguro.



Ilustración 2-12: Mangueras y conductos.

Fuente: HIDRAULICENTER

2.3.5.1 Mangueras de alta presión

Las mangueras hidráulicas de alta presión son componentes importantes en los sistemas hidráulicos que funcionan a alta presión. Estas tuberías deben ser duraderas, flexibles y capaces de soportar las exigencias del sistema hidráulico en el que se utilizan.

2.3.5.2 Características de mangueras de alta presión

- Capas de refuerzo: Las mangueras hidráulicas de alta presión suelen tener varias capas de refuerzo para asegurar la resistencia a la presión interna. El refuerzo suele ser alambre de acero trenzado o en espiral.

- **Material interno:** El material interior de la manguera debe ser compatible con el fluido hidráulico utilizado en el sistema. Las mangueras pueden contener caucho sintético, termoplástico u otro material resistente al aceite y a los fluidos hidráulicos.
- **Cubierta exterior:** La cubierta exterior de una manguera es una protección importante contra la abrasión, el clima y más. factores ambientales. Puede estar hecho de caucho sintético duradero, poliuretano u otros materiales resistentes al desgaste.
- **Normas y certificaciones:** Es importante elegir mangueras que cumplan con los estándares y certificaciones de la industria, como los estándares de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) o los estándares de la Asociación Nacional de Fabricantes de Mangueras (NAHAD).
- **Flexibilidad:** si bien las mangueras de alta presión deben ser fuertes, también es importante que sean lo suficientemente flexibles para soportar inclinaciones y movimientos de la máquina.

2.3.5.3 *Nomenclatura de las mangueras de alta presión*

La nomenclatura de mangueras hidráulicas de alta presión sigue un sistema estándar que proporciona información básica sobre las características y especificaciones de la manguera. A continuación, se ofrece una descripción general de la nomenclatura común:

- **Código de identificación del tipo de manguera (Serie SAE):** La identificación del tipo de manguera generalmente comienza con un código que indica la serie o el tipo de manguera, según los estándares de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE).
- **Díámetro nominal (DN):** Indica el tamaño nominal de la manguera y generalmente se expresa en pulgadas o milímetros.
- **Presión de trabajo máxima (WP):** Especifica la presión máxima de trabajo de la manguera en PSI (libras por pulgada cuadrada) o en bar.
- **Material de la cubierta exterior:** Puede haber un código que indique el tipo de material utilizado para la cubierta exterior, como "N" para goma sintética normal o "S" para goma sintética super resistente a la abrasión.

- Tipo de refuerzo: Puede indicar el tipo de refuerzo utilizado, como "B" para trenzado o "S" para espiral.



Ilustración 2-13:: Nomenclatura de mangueras.

Fuente: Comercial JWR.

2.3.5.4 Componentes y diseño

- **Materiales resistentes:** Las mangueras y tuberías están fabricadas con materiales resistentes a la presión y al desgaste, como caucho reforzado con capas de tela o alambre, acero inoxidable o materiales compuestos para garantizar durabilidad y resistencia.
- **Flexibilidad:** Deben tener cierta flexibilidad para adaptarse a diferentes condiciones, ajustes y movimientos de la máquina que permiten que mecanismos articulados, como el brazo de una excavadora, funcionen sin restricciones indebidas.

2.4. Análisis del brazo hidráulico

2.4.1. Cinemática del brazo

Se refiere al estudio de los movimientos del brazo en cuanto a posición, velocidad y aceleración. El diseño tiene como objetivo maximizar la eficiencia del movimiento y minimizar la fatiga estructural.

2.4.1.1 Componentes del brazo

- **Articulaciones:** El brazo hidráulico consta de varias articulaciones que permiten doblarlo, extenderlo, levantarlo e inclinarlo. Estas articulaciones son importantes para la movilidad y versatilidad del brazo en diferentes direcciones.
- **Longitud y alcance:** La geometría y la longitud de los componentes (partes, extensiones) del brazo determinan su alcance máximo y su capacidad para alcanzar ciertas áreas de trabajo.

2.4.1.2 Estudio de movimientos

- **Movimientos básicos:** La cinemática del brazo de la excavadora incluye movimientos básicos como extensión y retracción (lineal), elevación y descenso (rotacional) e inclinación lateral.
- **Análisis de velocidades y aceleraciones:** se estudian movimientos, velocidades y aceleraciones de diferentes partes del brazo para garantizar movimientos suaves y seguros, evitando aceleraciones bruscas que puedan poner en peligro la estabilidad o la seguridad.

2.4.2. Materiales y resistencia de materiales

Un brazo hidráulico debe estar construido con materiales resistentes y livianos para soportar cargas pesadas sin comprometer su integridad estructural. El acero estructural suele ser común debido a su resistencia.

2.4.3. Análisis de esfuerzos

Esto se hace para determinar cómo las fuerzas y momentos aplicados afectan la integridad estructural del brazo hidráulico. Esto incluye análisis de tensión, flexión y fatiga para garantizar un funcionamiento seguro y a largo plazo.

2.4.3.1 Esfuerzo

El término esfuerzo se utiliza para describir la aplicación de una fuerza a un objeto o material que puede hacer que el objeto se deforme, se estire o se deforme. En ingeniería estructural y mecánica, la tensión se refiere a la distribución interna de fuerzas que actúan sobre un material en respuesta a una carga aplicada. (Hibbeler, 2011 pág. 3)

2.4.3.2 Esfuerzo de aplastamiento

El esfuerzo de aplastamiento es un tipo de tensión que se produce cuando se aplica una fuerza de compresión a un material que tiende a comprimirlo o romperlo. Este tipo de carga aplica presión sobre el material, reduciendo su altura o volumen en la dirección de la fuerza aplicada. La tensión de compresión ocurre cuando las fuerzas actúan perpendicularmente a la superficie del material.

La cantidad de tensión de compresión se calcula dividiendo la fuerza aplicada a la superficie de contacto de las superficies. La fórmula básica para la tensión de compresión es:

$$\text{Esfuerzo de Aplastamiento} = \frac{\text{Fuerza Aplicada}}{\text{Área de contacto}}$$

2.4.3.3 Esfuerzo cortante

El esfuerzo de corte es un tipo de tensión que se produce cuando dos fuerzas paralelas actúan dentro de un material en direcciones opuestas pero adyacentes, provocando un deslizamiento relativo entre áreas adyacentes. Esta tensión se produce cuando se intenta cortar, rasgar o darle forma al material según una determinada superficie. (Hibbeler, 2011 pág. 32)

$$\text{Esfuerzo Cortante} = \frac{\text{Fuerza Aplicada}}{\text{Área sometida a corte}}$$

2.4.3.4 Esfuerzo normal

En mecánica, una de las tensiones importantes es la tensión normal, indicada por el símbolo griego σ (sigma). Este tipo de tensión se aplica perpendicular o "normal" a la sección transversal de la carga aplicada. Si esta tensión se distribuye uniformemente por toda el área de la resistencia, se denomina tensión normal directa. (Hibbeler, 2011 pág. 23)

El esfuerzo normal se calcula dividiendo la fuerza aplicada por el área transversal sobre la que actúa la fuerza. La fórmula básica del esfuerzo normal es:

$$\text{Esfuerzo Normal} = \frac{\text{Fuerza Aplicada}}{\text{Área Transversal}}$$

2.4.3.5 *Momento flector*

El momento flector describe la tendencia de una fuerza aplicada a doblar una viga o elemento estructural. Este fenómeno se manifiesta como una combinación de fuerzas de compresión y tracción en diferentes secciones del elemento, provocando su flexión. (Hibbeler, 2011 pág. 8)

El momento flector (representado por la letra M) en un punto específico a lo largo de una viga se calcula multiplicando la fuerza aplicada por la distancia perpendicular al punto de referencia. En forma diferencial, se expresa como $M = F * d$, donde d es la distancia.

2.4.3.6 *Factor de seguridad*

El factor de seguridad expresa la relación entre la carga máxima de un componente o estructura y la carga máxima aplicada al mismo en condiciones normales de funcionamiento. Proporciona un margen de seguridad integrado en la estructura para evitar fallas o daños inesperados. (Beer, y otros, 2009 pág. 28)

El cálculo del factor de seguridad se realiza dividiendo la capacidad máxima de carga admisible (resistencia) por la carga máxima esperada.

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Esfuerzo Permisible}}{\text{Esfuerzo Normal}}$$

Si el valor del factor de seguridad $F_s > 1$, indica que el diseño se considera apropiado. A medida que el factor de seguridad aumenta, se incrementa la seguridad del diseño.

2.5. Grados de libertad del brazo hidráulico

Los grados de libertad de un brazo hidráulico se refieren al número de movimientos independientes que puede realizar el sistema. En el contexto de un brazo hidráulico, estos movimientos se refieren a las articulaciones y posiciones que puede alcanzar el brazo.

2.5.1. *Ecuación de Gruebler*

El criterio de Kutzbach, también conocido como el criterio de Kutzbach-Grubler, es una regla utilizada en el diseño de mecanismos y máquinas para determinar el número máximo de grados

de libertad (GDL) de un sistema mecánico. Este criterio es importante en la teoría de máquinas, ya que ayuda a establecer restricciones sobre el movimiento de un sistema dado.

La expresión general del criterio de Kutzbach es:

$$GDL = 3(N - 1) - 2J - H$$

Donde:

- GDL es el número de grados de libertad.
- N es el número total de eslabones en el sistema.
- J es el número de uniones o juntas entre eslabones.
- H es el número de restricciones cinemáticas independientes.

El término $3(N - 1)$ representa el número total de grados de libertad si no hubiera restricciones ni uniones. Al restar $2J$ se eliminan los grados de libertad asociados con las juntas y al restar H se tienen en cuenta las restricciones adicionales que puedan existir. (Myszka, 2012 pág. 8)

2.6. Implementación y control

2.6.1. Sistemas de control

Manómetros, medidores de flujo y otros dispositivos de control y medición se utilizan para controlar y regular parámetros como la presión del fluido, el caudal y la temperatura, permitiendo un funcionamiento controlado y seguro del sistema hidráulico. Se utilizan sistemas electrónicos o eléctricos para controlar las válvulas y dirigir el flujo de aceite a los cilindros hidráulicos.

2.6.2. Pruebas y ajustes

Antes de la puesta en servicio final, el brazo hidráulico se prueba exhaustivamente para garantizar su confiabilidad. Parámetros como la velocidad, la fuerza aplicada y la precisión del movimiento se ajustan para optimizar el rendimiento.

2.6.3. Mantenimiento y seguridad

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico se elabora un plan de mantenimiento preventivo y se implementan medidas de seguridad como dispositivos de bloqueo de seguridad y medidas de emergencia para evitar accidentes.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. *Método inductivo*

El método inductivo es una investigación que parte de observaciones específicas hasta conclusiones generales. En el contexto de una tesis sobre la aplicación de un brazo hidráulico en una miniexcavadora, un enfoque inductivo implicaría varios pasos desde la observación detallada y la recopilación de información específica sobre el brazo hidráulico hasta sacar conclusiones o teorías generales sobre su funcionamiento e implementación. (Guillermina, 2017 pág. 34)

3.1.2. *Método deductivo*

El método deductivo es una investigación que parte de supuestos generales hasta conclusiones específicas. En el contexto de un proyecto, el método deductivo implica razonamientos lógicos basados en teorías, principios o leyes generales para aplicar y validar su aplicabilidad a una implementación específica de un brazo hidráulico. (Guillermina, 2017 pág. 34)

3.1.3. *Método experimental*

El método experimental es una investigación basada en la realización de experimentos controlados y sistemáticos para recopilar, analizar y sacar conclusiones sobre el tema de investigación a partir de datos empíricos. Para el desarrollo de este proyecto, el método de ensayo incluye una serie de pruebas y ensayos específicos para evaluar la eficiencia, eficacia e idoneidad del elevador hidráulico bajo diferentes condiciones y escenarios.

3.2. Técnicas

3.2.1. *Técnica de recopilación de información*

La técnica de recopilación de información en este proyecto implica la búsqueda, selección y organización de datos relevantes y actualizados.

3.2.1.1 Identificación de fuentes de información

- Literatura científica: Buscar en revistas científicas, libros, publicaciones académicas y conferencias relevantes relacionados con la ingeniería hidráulica, el diseño de bancos de pruebas y las aplicaciones de piezas de mano hidráulicas.
- Bases de datos especializadas: Utilizar plataformas como IEEE Xplore, ScienceDirect o SpringerLink para acceder a artículos, papers y documentos relacionados con la temática.

3.2.1.2 Evaluación y selección de información

- Criterios de selección: Determinar los criterios para evaluar la importancia, confiabilidad y actualidad de la información encontrada. Prefiere fuentes académicas, estudios experimentales y documentos oficiales.
- Análisis crítico: Evaluar críticamente la calidad y confiabilidad de la información considerando el autor, metodología, referencias y validez de la información presentada.

3.2.1.3 Recopilación de datos

- Síntesis de la información: resumir y sintetizar los hallazgos más relevantes de cada fuente, destacando puntos clave, datos estadísticos o resultados significativos.

3.2.2. Técnica de fichas técnicas

La tecnología de fichas técnicas facilita la gestión, organización y uso eficiente de los datos recopilados, permitiendo al investigador una referencia rápida y estructurada a la hora de redactar este proyecto.

3.2.2.1 Identificación de información relevante

- Recolección de Datos: Obtener información de diversas fuentes como libros, revistas, artículos científicos, normativas, patentes, manuales técnicos y sitios web especializados.

- Selección de Información: Identificar datos, cifras, detalles de diseño, especificaciones técnicas, conceptos clave y otra información relacionada sobre bancos de pruebas y elevadores hidráulicos.

3.2.2.2 Organización y clasificación de las fichas

- Orden lógico: Organizar los archivos en un orden lógico, ya sea por tema, aspectos técnicos o relacionados con el diseño del banco de pruebas del brazo hidráulico.
- Subdivisiones: Clasificar los archivos en subcategorías, lo que permitirá un servicio de información rápido y eficiente al redactar el proyecto.

3.2.3. Organigrama del proyecto

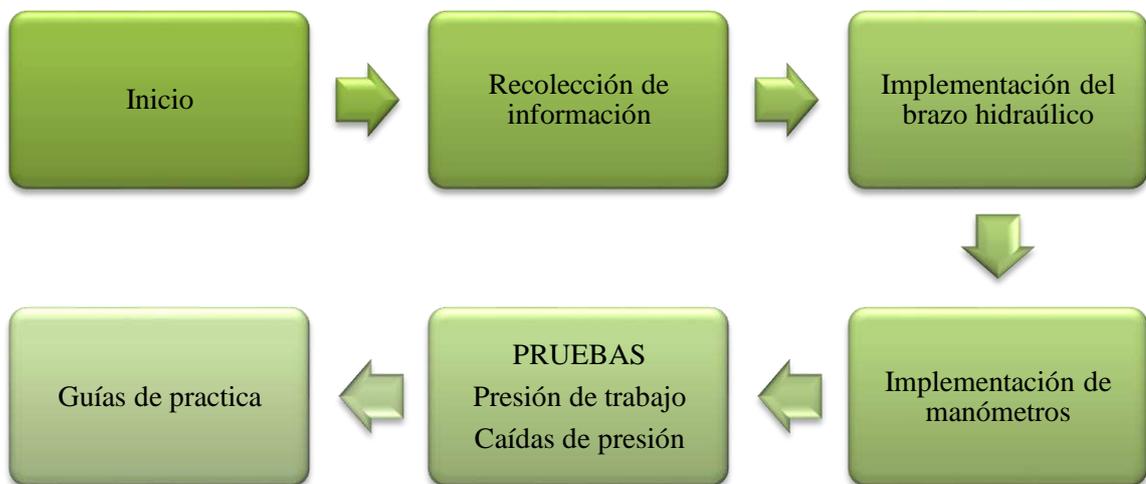


Ilustración 3-1: Organigrama.

Fuente: Collaguazo y Tixe 2024.

3.3. Desarrollo del trabajo

3.3.1. Modelado del brazo hidráulico

Para diseñar el brazo hidráulico en Linkage, fue importante el entendimiento de la estructura y funcionamiento de este elemento, incluyendo sus diferentes componentes como los enlaces, cilindros hidráulicos y articulaciones, esto considerando que el brazo que se está utilizando para este proyecto es el de miniexcavadora Komatsu PC28UU-1. Después, de descargar e instalar el

software desde su página oficial, se creó un nuevo proyecto y se estableció el sistema de coordenadas junto con la escala adecuada.

Siguiendo con este proceso se agregó puntos nodales que representen los puntos de articulación y se los unió a través de enlaces que simbolizan los brazos del mecanismo, finalmente se configuro los cilindros hidráulicos para que actúen como los elementos encargados de mover dichos enlaces y se ajustó a las características de cada componente y de esta manera verificar el movimiento y confirmar que el modelo reproduce fielmente el comportamiento del brazo hidráulico.

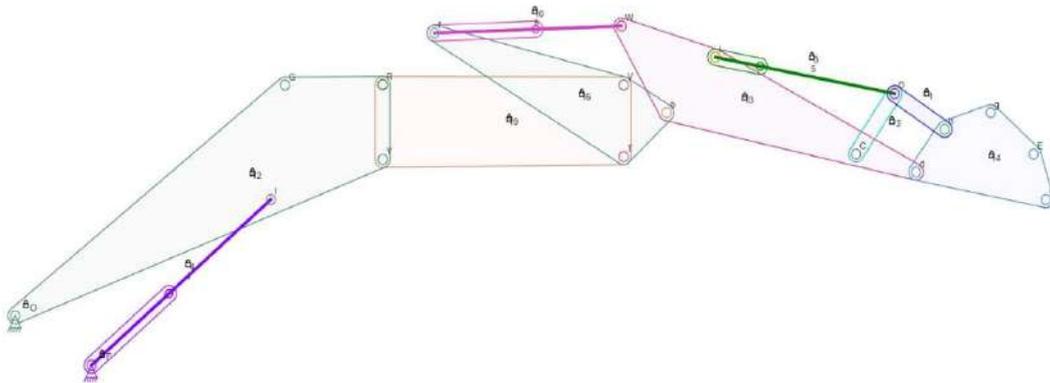


Ilustración 3-2: Configuración del brazo hidráulico (vista lateral).

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

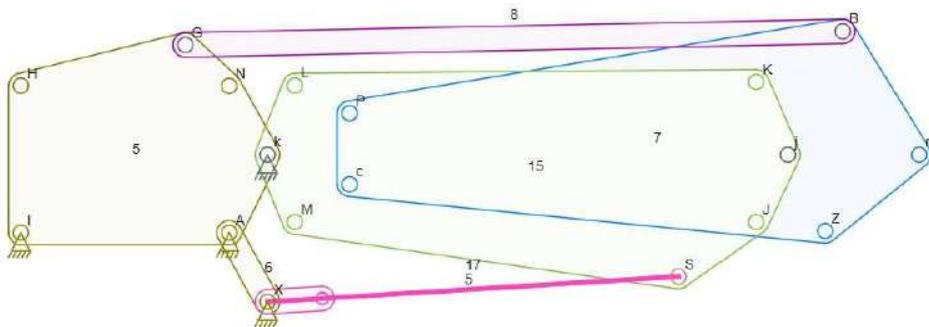


Ilustración 3-3: Configuración del brazo hidráulico (vista superior).

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.2. Diseño del plano hidráulico

- En este proyecto se definió los requisitos de carga y alcance del brazo hidráulico.
- Se seleccionó los componentes hidráulicos adecuados por medio de cálculos y fichas técnicas de los diferentes fabricantes y elementos que se encuentran disponibles en el mercado, como cilindros, manómetros y mangueras.
- Se implementó el circuito hidráulico teniendo en cuenta la eficiencia y la seguridad para su correcto funcionamiento.

3.3.2.1 Diagrama del sistema hidráulico

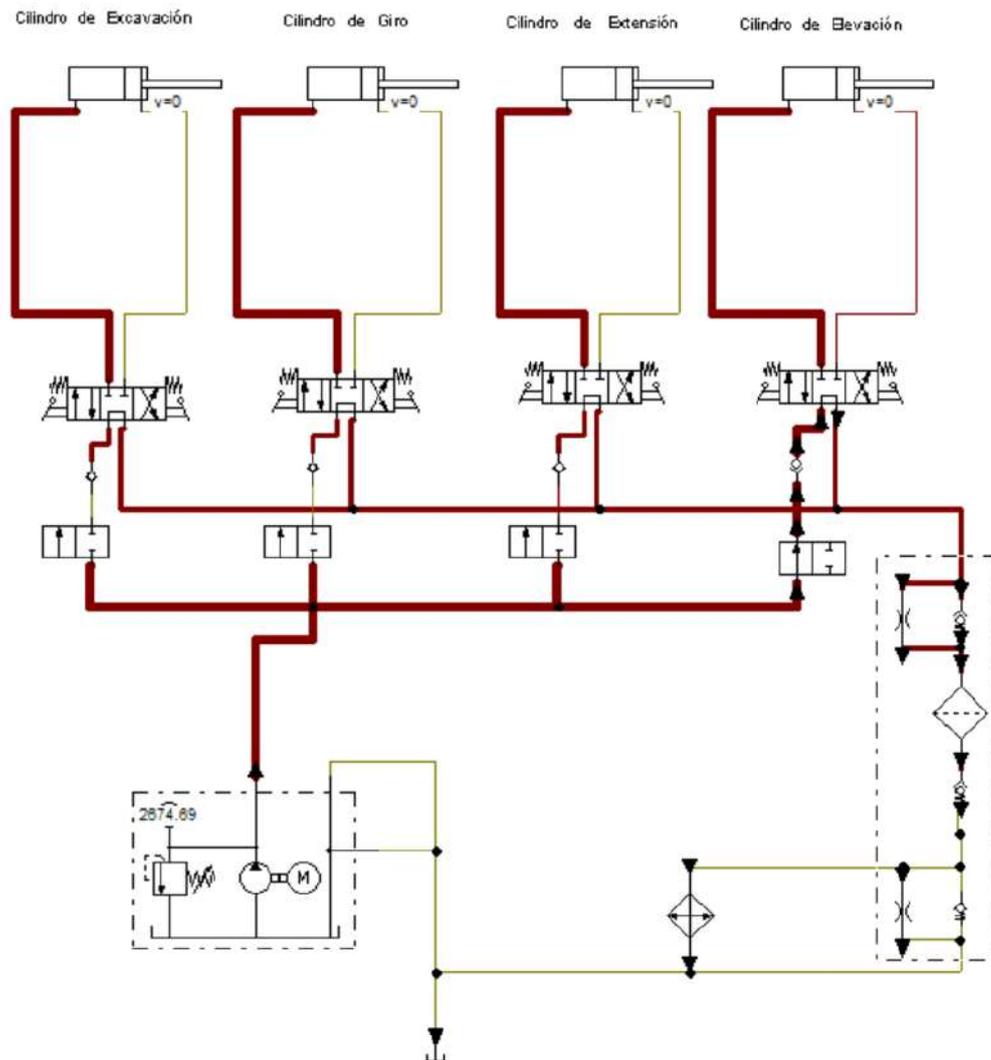
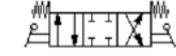


Ilustración 3-4: Configuración del circuito Hidráulico.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

Para el funcionamiento de este circuito hidráulico se utilizó un aceite ISO 68 debido a sus propiedades específicas que lo hacen ideal para aplicaciones de alta exigencia mecánica. Con una viscosidad adecuada para proporcionar una lubricación efectiva en una amplia gama de temperaturas de operación, el ISO 68 asegura un flujo suave y constante a través del sistema hidráulico, optimizando así el rendimiento del brazo. Además, su capacidad para resistir la oxidación y mantener una viscosidad estable ayuda a prolongar la vida útil del aceite y reducir los costos de mantenimiento al minimizar el desgaste de los componentes. Esto garantiza que el brazo hidráulico funcione de manera eficiente y confiable, proporcionando la fuerza y precisión necesarias para diversas tareas sin comprometer la integridad del sistema hidráulico.

Tabla 3-1: Simbología

	Terminología	símbolo
1	Tobera	
2	Bomba de desplazamiento constante	
3	Válvula limitadora de presión	
4	manómetro	
5	Motor	
6	Tanque	
7	Enfriador	
8	Filtro	
9	Válvula de 2/n vías	
10	Válvula antirretorno	
11	Válvula antirretorno	
12	Acumulador	
13	Cilindro doble efecto	
14	Válvula direccional cuádruple de tres vías	

Fuente: autor

Realizado por: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.3. Selección de cañerías de alta presión

Este proceso se llevó a cabo con atención a los detalles y considerando las condiciones específicas de trabajo del brazo hidráulico para garantizar un rendimiento seguro y eficiente. A continuación, se indica el proceso que se llevó a cabo:

Requisitos del sistema: Se definió claramente los requisitos del mecanismo que se va a implementar, como la presión máxima, el caudal.

Tipo de fluido hidráulico: Se selecciono el fluido hidráulico que cumpla con especificaciones técnicas para emplear em este sistema y que sea adecuado para garantizar las condiciones de trabajo previstas.

Diámetro y espesor de las cañerías: Siguiendo con el proceso se realizó el cálculo del diámetro y el espesor de la tubería en función del caudal de fluido y la presión máxima del sistema. Utilizando fórmulas proporcionadas por diferentes revisiones bibliográficas para garantizar que las cañerías sean lo suficientemente robustas.

Longitud y recorrido: Este se realizó teniendo en cuenta la ubicación de los componentes hidráulicos, como bombas, válvulas y cilindros. Tratando de minimizar las curvas y codos para reducir la pérdida de presión.

Aislamiento y protección: es necesario, considera el aislamiento para proteger las cañerías de condiciones ambientales adversas. Además, de proporcionar protección contra posibles daños mecánicos, como golpes o impactos.

3.3.3.1 Cálculos para selección de cañerías

Calcular las dimensiones y especificaciones de las cañerías del brazo hidráulico es un aspecto crítico en la implementación y operación de este tipo de maquinaria. Para estos cálculos se tomaron datos del sistema hidráulico que impulsara el funcionamiento de este mecanismo.

Tabla 3-2: Datos del Sistema hidráulico.

Tipo de bomba	Pistones axiales
Caudal de la bomba	$20 \frac{ltr}{min}$
Presión de la bomba	2700 psi

Fuente: autor

Realizado por: Collaguazo y Tixe 2024

Es importante expresar el caudal de la bomba en m^3/s como se indica a continuación.

$$20 \frac{ltr}{min} \times \frac{1m^3}{1000 l} \times \frac{1 min}{60 s} = 333 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

- Caudal

$$Q = A * V \quad \rightarrow \text{Sección circular} \Rightarrow A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$Q = \frac{\pi * D^2}{4} * V$$

- La toma de conexión al cuerpo de válvulas $\emptyset = 10 \text{ mm}$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * (5\text{mm})^2$$

$$A = 78,539 \text{ mm}^2$$

- Realiza la conversión a m^2

$$78,539 \text{ mm}^2 \times \frac{1m^2}{(1000 \text{ mm})^2} = 79 \times 10^{-6} m^2$$

- Velocidad del fluido (cuerpo de válvulas)

$$Q = A * V$$

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

$$V = \frac{333 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}}{79 \times 10^{-6} m^2}$$

$$V = 4,215 \frac{m}{s} \quad \rightarrow \text{Velocidad a la que sale el fluido del cuerpo de válvulas}$$

- Para calcular el diámetro de la manguera

$$Q = \frac{\pi * D^2}{4} * V$$

$$4Q = \pi * D^2 * V$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 333 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}}{\pi * 4,215 \frac{m}{s}}}$$

$$D = 0,010m$$

- Realiza la conversión a *mm*

$$0,010 \text{ m} \times \frac{1000mm}{1m} = 10 \text{ mm}$$

3.3.3.2 Caídas de presión

Para el cálculo de caídas de presión se realizó por medio de catálogos del fabricante de las mangueras seleccionadas.

Como ya se obtuvo el cálculo del del diámetro de manguera que se van a utilizar y su resultado es de 10 mm y el caudal teórico que da la bomba es de 20 lt/min por tanto se dirige al catálogo de la empresa flexpower que es la que se emplea en este proyecto.

Datos

Diámetro de la manguera = 10 mm

Caudal = 20 lt/min

Longitud 1 C. Giro = 2.62 m

Longitud 2 C. Excavación = 5.34 m

Longitud 3 C. Extensión = 4.75 m

Longitud 4 C. Elevación = 2.0 m

Para realiza el cálculo se necesita llevar el diámetro a pulgadas y el caudal a Galón estadounidense por min y los metros a pies por lo que se tiene que realizar las siguientes conversiones.

$$10 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ in}}{25.4 \text{ mm}} = 0.3937 \text{ in}$$

$$20 \frac{\text{ltr}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ Galón estadounidense}}{3.7854 \text{ l}} = 5.2834 \frac{\text{Galón estadounidense}}{\text{min}}$$

$$2.62 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}} = 8.596 \text{ ft}$$

$$5.34 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}} = 17.520 \text{ ft}$$

$$4.75 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}} = 15.584 \text{ ft}$$

$$2.0 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}} = 6.562 \text{ ft}$$

Mediante la siguiente tabla que facilita el fabricante se obtiene la pérdida de presión según las características como la caída de presión en psi por cada 10 ft de manguera, perdidas establecida para aceites a 38 grados centígrados y 20 cSt de viscosidad.

Hose I.D. (Inches)	0.19	0.25	0.25	0.31	0.31	0.38	0.41	0.50	0.50	0.63	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.25	1.38	1.50	1.81	2.00	2.38	3.00			
0.25	10.0	3.1	3.1																						
0.5	19.0	6.0	6.0	2.7	2.7																				
1	40.0	12.0	12.0	5.5	5.5	2.4																			
2	95.0	24.0	24.0	10.0	10.0	4.8	3.5																		
3	185.0	46.0	46.0	17.0	17.0	7.0	5.0	2.2	2.2																
4		76.0	76.0	29.0	29.0	12.0	8.0	3.0	3.0	1.2	1.2														
5		120.0	120.0	44.0	44.0	18.0	12.0	4.5	4.5	1.6	1.6	0.7													
8				95.0	95.0	39.0	26.0	10.0	10.0	3.6	3.6	1.4	0.6												
10						59.0	40.0	15.0	15.0	5.7	5.7	2.0	1.0	0.8											
12						80.0	52.0	20.0	20.0	7.2	7.2	2.8	1.5	0.8	0.4										
15							75.0	30.0	30.0	10.0	10.0	4.2	2.2	1.2	0.7	0.4									
18							107.0	40.0	40.0	15.0	15.0	6.3	3.0	1.5	0.7	0.6	0.4								
20							49.0	49.0	19.0	19.0	8.0	3.4	2.0	1.1	0.7	0.4	0.3								
25								72.0	72.0	26.0	26.0	11.0	5.5	3.0	1.6	1.0	0.6	0.4	0.2						
30									34.0	34.0	14.0	7.0	3.6	2.2	1.3	0.8	0.5	0.2	0.1						
35										47.0	47.0	19.0	9.5	5.0	2.8	1.7	1.1	0.7	0.3	0.2					
40												25.0	12.0	6.5	3.4	2.2	1.4	0.9	0.4	0.2					
50													36.0	17.0	9.0	5.3	3.3	2.0	1.3	0.5	0.4	0.2			
60														50.0	23.0	12.0	7.5	4.4	2.8	1.8	0.8	0.5	0.2		
70															31.0	17.0	9.3	6.0	3.8	2.4	1.0	0.7	0.3		
90																36.0	21.0	12.0	7.1	4.6	3.0	1.2	0.8	0.3	0.1
90																49.0	27.0	15.0	9.0	5.9	3.8	1.5	1.0	0.5	0.1
100																	33.0	19.0	12.0	7.0	4.7	1.9	1.3	0.6	0.2
150																	60.0	36.0	22.0	13.0	8.5	3.4	2.2	1.0	0.3
200																		36.0	23.0	15.0	6.0	3.9	1.7	0.6	
250																		54.0	33.0	22.0	8.5	5.3	2.5	0.8	
300																			45.0	29.0	12.0	7.5	4.0	1.1	
400																				51.0	21.0	14.0	6.5	2.2	
500																					32.0	20.0	10.0	3.0	
800																							18.0	5.0	
1000																								10.0	

Pressure drop in psi (pounds per square inch) per 10 feet of hose (smooth bore) without fittings.
 Fluid specification: Specific gravity = 0.85; Viscosity = ν = 20 centistokes (C.S.), (20 C.S. = 97 S.S.U.)
 Pressure drop values listed are typical of many petroleum based hydraulic oils at approximately +100°F (+38°C). Differences in fluids, fluid temperature and viscosity can increase or decrease actual pressure drop compared to the values listed.

Ilustración 3-5: Nomenclatura de mangueras.

Fuente: Parker, 2008

Según los datos obtenidos de las conversiones realizadas se trasladó a la ilustración 4.8 y se encontró una caída de presión (ΔP) de 18 psi.

Una vez concentrado el valor de pérdida de presión se realiza el cálculo para las distancias de 2 y 5 metros de manguera como muestra.

Para el cilindro de giro se tiene una distancia de 2.62 m

$$18psi \rightarrow 10 ft_{manguera}$$

$$x \rightarrow 8.596 ft_{manguera}$$

$$x = \frac{18psi * 8.596 ft_{manguera}}{10 ft_{manguera}} = 15.472 psi$$

Para el cilindro de excavación se tiene una distancia de 5.34 m

$$18psi \rightarrow 10 ft_{manguera}$$

$$x \rightarrow 17.520 ft_{manguera}$$

$$x = \frac{18psi * 17.520 ft_{manguera}}{10 ft_{manguera}} = 31.535 psi$$

Para el cilindro de extensión se tiene una distancia de 4.75 m

$$18psi \rightarrow 10 ft_{manguera}$$

$$x \rightarrow 15.584 ft_{manguera}$$

$$x = \frac{18psi * 15.584 ft_{manguera}}{10 ft_{manguera}} = 28.051 psi$$

Para el cilindro de elevación se tiene una distancia de 2.0 m

$$18psi \rightarrow 10 ft_{manguera}$$

$$x \rightarrow 6.562 ft_{manguera}$$

$$x = \frac{18psi * 6.562 ft_{manguera}}{10 ft_{manguera}} = 11.811 psi$$

3.3.3.3 Selección de cañerías

Una vez realizado los cálculos se realiza una tabla para calificar los diferentes aspectos que ayudaran con la selección y optimización de recursos de las cañerías.

Tabla 3-3: Selección de cañerías

COMPARACIÓN DE CAÑERÍAS			
Marca	PROFIX	flexpower	Parker
Presión de trabajo	5080 PSI	4785 PSI	4750 PSI
Ponderación (1-10)	10	10	10
Diámetro interno	08 mm	10 mm	10 mm
Ponderación (1-10)	3	10	10
Tubo	Goma sintética, resistente al aceite y combustible	Caucho sintético especial resistente a aceites hidráulicos. Mineral y vegetal	Caucho sintético para mayor compatibilidad con fluidos y resistencia al bioaceite.
Ponderación (1-10)	8	10	8
Temperatura	-40°C hasta +121°C.	-40°C hasta +100°C.	-40°C hasta +100°C
Ponderación (1-10)	10	9	9
Precio por metro	\$10	\$9	\$12
Ponderación (1-10)	8	10	7
TOTAL	39	49	44

Fuente: Autor, 2023

Realizado por: Collaguazo y Tixe 2024

3.3.4. Selección de cilindros

La selección de cilindros hidráulicos es un proceso crucial para garantizar un rendimiento eficiente y seguro en sistemas hidráulicos, para lo cual se llevó a cabo el siguiente proceso:

Requisitos del sistema:

Se definió los requisitos del sistema hidráulico, como la fuerza requerida, la velocidad del cilindro, la presión de trabajo, el recorrido del pistón, y otras especificaciones técnicas relevantes.

Tipo de cilindro:

En este proceso se eligió el tipo de cilindro más adecuado para la aplicación en el banco de pruebas. Los tipos más comunes que se encuentran en el mercado incluyen cilindros de simple efecto, doble efecto, telescópicos, etc. En ese caso se optó por los cilindros de doble efecto debido a las ventajas que ofrecen en términos de funcionalidad y versatilidad. (López, 2020)

Tamaño del cilindro:

Para este proceso se calculó el tamaño del cilindro en función de la fuerza requerida y la presión de trabajo. Utilizando fórmulas y tablas proporcionadas por fabricantes o ingenieros hidráulicos para determinar el diámetro del cilindro y el área del pistón.

Accesorios y montaje:

Es importante considerar los accesorios necesarios, como válvulas, mangueras y conectores. Además, que el cilindro sea compatible con el sistema y que el montaje sea adecuado para la aplicación en el sistema.

Costo:

Se considero el costo del cilindro de manera que se ajuste al presupuesto disponible. Sin embargo, la calidad y el rendimiento fueron prioridad sobre el costo en aplicaciones críticas.

Como punto de partida para realizar los cálculos de los cilindros que serán instalados en el brazo hidráulico se consideró el diseño del brazo, recurriendo a la ficha técnica de la maquina Komatsu PC28UU-1 la cual indica que la fuerza de excavación para este brazo es de 4720lbf. Esta fuerza de excavación será utilizada como la fuerza de empuje para cada cilindro.

Los cilindros que se utilizaran para este brazo hidráulico son estándar de doble efecto serie 1000 como se indica en la ilustración 3-3.

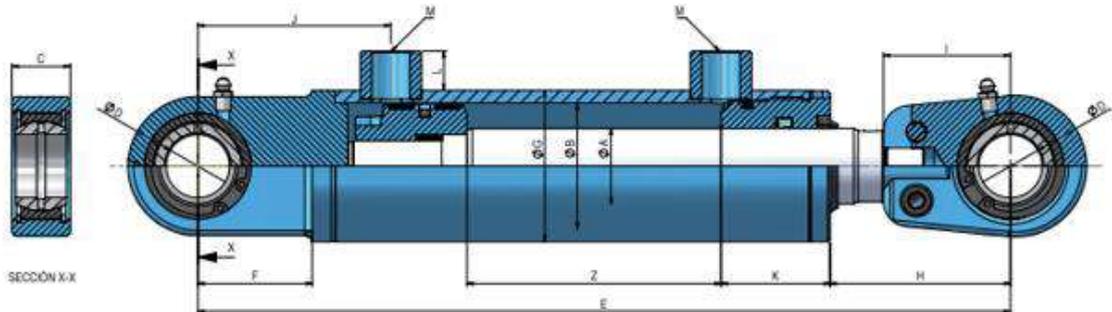


Ilustración 3-6: Cilindro hidráulico de doble efecto serie 1000.

Fuente: CICROSA HIDRAULICA

3.3.4.1 Cálculo cilindro de excavación

Para calcular los diámetros necesarios de este cilindro se parte de las siguientes consideraciones:

$$Q_B = 333 * 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

$$P = 2668,465 \text{ psi}$$

$$F_e = 4720 \text{ lbf}$$

Con la fuerza de empuje y presión de trabajo conocidos se puede obtener la sección mínima del vástago (S_v) empleando la siguiente expresión:

$$F_e = P * S_v$$

$$S_v = \frac{F_e}{P}$$

Donde:

F_e = Fuerza de empuje

S_v = Sección del vástago

P = Presión

$$S_v = \frac{4720 \text{ lbf}}{2668,465 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}$$

$$S_v = 1,769 \text{ in}^2$$

Debido a que la sección del vástago es circular se puede encontrar su diámetro (Dv) con la siguiente expresión:

$$Dv = \sqrt{\frac{Sv}{0,785}}$$

$$Dv = \sqrt{\frac{1,769in^2}{0,785}}$$

$$Dv = 1,501in$$

$$Dv = 38,128 mm$$

La distancia que se tiene para ubicar este cilindro es de 670 mm por lo tanto se busca un cilindro que tenga esta longitud y una sección mínima del vástago de 38,128 mm. El cilindro que cumple con estas características es el 1004/4. Las dimensiones de este cilindro pueden observarse en el anexo A.

Con las medidas reales del cilindro se realiza los siguientes cálculos

Sección del vástago (Vs)

$$Sv = \frac{\pi * Dv^2}{4}$$

$$Sv = \frac{\pi * (40mm)^2}{4}$$

$$Sv = 1256 mm^2$$

$$Sv = 0,001256 m^2$$

$$Sv = 1,947in^2$$

Sección del embolo (Se)

$$Se = \frac{\pi * De^2}{4}$$

$$Se = \frac{\pi * (70mm)^2}{4}$$

$$Se = 3846,5mm^2$$

$$Se = 0,0038465m^2$$

$$Se = 5,962 in^2$$

Sección anular (Sa)

$$Sa = Se - Sv$$

$$S_a = 3846,5 \text{ mm}^2 - 1256 \text{ mm}^2$$

$$S_a = 2590,5 \text{ mm}^2$$

$$S_a = 0,0025905 \text{ m}^2$$

$$S_a = 0,102 \text{ in}^2$$

Velocidad de avance (V_a)

$$V_a = \frac{Q_B}{S_e}$$

$$V_a = \frac{333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0038465 \text{ m}^2}$$

$$V_a = 0,086572 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad de retroceso (V_r)

$$V_r = Q_B / S_a$$

$$V_r = \frac{333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0025905 \text{ m}^2}$$

$$V_r = 0,128547 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Caudal de salida (Q_{out})

$$Q_{out} = V_a * S_a$$

$$Q_{out} = \left(0,086572 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (0,0025905 \text{ m}^2)$$

$$Q_{out} = 0,000224 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Fuerza de empuje (F_e)

$$F_e = P * S_v$$

$$F_e = 2668,465 \text{ psi} * 1,947 \text{ in}^2$$

$$F_e = 5195,01 \text{ lbf}$$

3.3.4.2 Cálculo cilindro de extensión

Para calcular los diámetros necesarios de este cilindro se parte de las siguientes consideraciones:

$$Q_B = 333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P = 2671,949 \text{ psi}$$

$$F_e = 4720 \text{ lbf}$$

Sección mínima del vástago (S_v)

$$S_v = \frac{F_e}{P}$$

$$S_v = \frac{4720 \text{ lbf}}{2671,949 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}$$

$$S_v = 1,767 \text{ in}^2$$

Diámetro del vástago (D_v)

$$D_v = \sqrt{\frac{S_v}{0,785}}$$

$$D_v = \sqrt{\frac{1,767 \text{ in}^2}{0,785}}$$

$$D_v = 1,50 \text{ in}$$

$$D_v = 38,102 \text{ mm}$$

La distancia que se tiene para ubicar este cilindro es de 780 mm por lo tanto se busca un cilindro que tenga esta longitud y una sección mínima del vástago de 38,102 mm. El cilindro que cumple con estas características es el 1005/5. Las dimensiones de este cilindro pueden observarse en el anexo A.

Con las medidas reales del cilindro se realiza los siguientes cálculos

Sección del vástago (V_s)

$$S_v = \frac{\pi * D_v^2}{4}$$

$$S_v = \frac{\pi * (40\text{mm})^2}{4}$$

$$S_v = 1256\text{mm}^2$$

$$S_v = 0,001256 \text{ m}^2$$

$$S_v = 1,947\text{in}^2$$

Sección del embolo (S_e)

$$S_e = \frac{\pi * D_e^2}{4}$$

$$S_e = \frac{\pi * (80\text{mm})^2}{4}$$

$$S_e = 5024 \text{ mm}^2$$

$$S_e = 0,005024 \text{ m}^2$$

$$S_e = 7,782 \text{ in}^2$$

Sección anular (Sa)

$$S_a = S_e - S_v$$

$$S_a = 5024 \text{ mm}^2 - 1256 \text{ mm}^2$$

$$S_a = 3768 \text{ mm}^2$$

$$S_a = 0,003768 \text{ m}^2$$

$$S_a = 0,148 \text{ in}^2$$

Velocidad de avance (Va)

$$V_a = \frac{Q_B}{S_e}$$

$$V_a = \frac{333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,005024 \text{ m}^2}$$

$$V_a = 0,066282 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad de retroceso (Vr)

$$V_r = Q_B / S_a$$

$$V_r = \frac{333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,003768 \text{ m}^2}$$

$$V_r = 0,088376 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Caudal de salida (Qout)

$$Q_{out} = V_a * S_a$$

$$Q_{out} = \left(0,066282 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (0,003768 \text{ m}^2)$$

$$Q_{out} = 0,000250 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Fuerza de empuje (F_e)

$$F_e = P * Sv$$
$$F_e = 2671,949 \text{ psi} * 1,947 \text{ in}^2$$
$$F_e = 5201,792 \text{ lbf}$$

3.3.4.3 Cálculo cilindro de giro

Para calcular los diámetros necesarios de este cilindro se parte de las siguientes consideraciones:

$$Q_B = 333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$
$$P = 2684,528 \text{ psi}$$
$$F_e = 4720 \text{ lbf}$$

Sección mínima del vástago (Sv)

$$Sv = \frac{F_e}{P}$$
$$Sv = \frac{4720 \text{ lbf}}{2684,528 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}$$
$$Sv = 1,758 \text{ in}^2$$

Diámetro del vástago (Dv)

$$Dv = \sqrt{\frac{Sv}{0,785}}$$
$$Dv = \sqrt{\frac{1,758 \text{ in}^2}{0,785}}$$
$$Dv = 1,497 \text{ in}$$
$$Dv = 38,013 \text{ mm}$$

La distancia que se tiene para ubicar este cilindro es de 570 mm por lo tanto se busca un cilindro que tenga esta longitud y una sección mínima del vástago de 38,013 mm. El cilindro que cumple con estas características es el 1004/3. Las dimensiones de este cilindro pueden observarse en el anexo A.

Con las medidas reales del cilindro se realiza los siguientes cálculos:

Sección del vástago (S_v)

$$S_v = \frac{\pi * D_v^2}{4}$$
$$S_v = \frac{\pi * (40mm)^2}{4}$$
$$S_v = 1256 \text{ mm}^2$$
$$S_v = 0,001256 \text{ m}^2$$
$$S_v = 1,947 \text{ in}^2$$

Sección del embolo (S_e)

$$S_e = \frac{\pi * D_e^2}{4}$$
$$S_e = \frac{\pi * (70mm)^2}{4}$$
$$S_e = 3846,5 \text{ mm}^2$$
$$S_e = 0,0038465 \text{ m}^2$$
$$S_e = 5,962 \text{ in}^2$$

Sección anular (S_a)

$$S_a = S_e - S_v$$
$$S_a = 3846,5 \text{ mm}^2 - 1256 \text{ mm}^2$$
$$S_a = 2590,5 \text{ mm}^2$$
$$S_a = 0,0025905 \text{ m}^2$$
$$S_a = 0,102 \text{ in}^2$$

Velocidad de avance (V_a)

$$V_a = \frac{Q_B}{S_e}$$
$$V_a = \frac{333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0038465 \text{ m}^2}$$
$$V_a = 0.086572 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad de retroceso (Q_{in})

$$V_r = Q_B / S_a$$

$$V_r = \frac{333 * 10^{-6} \frac{m^3}{s}}{0,0025905 m^2}$$

$$V_r = 0,128547 \frac{m^3}{s}$$

Caudal de salida (Qout)

$$Q_{out} = V_a * S_a$$

$$Q_{out} = \left(0,086572 \frac{m}{s}\right) (0,0025905 m^2)$$

$$Q_{out} = 0,000224 \frac{m^3}{s}$$

Fuerza de empuje (Fe)

$$F_e = P * S_v$$

$$F_e = 2684,528 \text{ psi} * 1,947 \text{ in}^2$$

$$F_e = 5226,282 \text{ lbf}$$

3.3.4.4 Cálculo cilindro de elevación

Para calcular los diámetros necesarios de este cilindro se parte de las siguientes consideraciones:

$$Q_B = 333 * 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

$$P = 2688,189 \text{ psi}$$

$$F_e = 4720 \text{ lbf}$$

Sección mínima del vástago (Sv)

$$S_v = \frac{F_e}{P}$$

$$S_v = \frac{4720 \text{ lbf}}{2688,189 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}}$$

$$S_v = 1,756 \text{ in}^2$$

Diámetro del vástago (Dv)

$$Dv = \sqrt{\frac{Sv}{0,785}}$$

$$Dv = \sqrt{\frac{1,756 \text{ in}^2}{0,785}}$$

$$Dv = 1,496 \text{ in}$$

$$Dv = 37,987 \text{ mm}$$

La distancia que se tiene para ubicar este cilindro es de 980 mm por lo tanto se busca un cilindro que tenga esta longitud y una sección mínima del vástago de 37,987 mm. El cilindro que cumple con estas características es el 1005/7. Las dimensiones de este cilindro pueden observarse en el anexo A.

Con las medidas reales del cilindro se realiza los siguientes cálculos:

Sección del vástago (Vs)

$$Sv = \frac{\pi * Dv^2}{4}$$

$$Sv = \frac{\pi * (40\text{mm})^2}{4}$$

$$Sv = 1256 \text{ mm}^2$$

$$Sv = 0,001256 \text{ m}^2$$

$$Sv = 1,947 \text{ in}^2$$

Sección del embolo (Se)

$$Se = \frac{\pi * De^2}{4}$$

$$Se = \frac{\pi * (80\text{mm})^2}{4}$$

$$Se = 5024 \text{ mm}^2$$

$$Se = 0,005024 \text{ m}^2$$

$$Se = 7,787 \text{ in}^2$$

Sección anular (Sa)

$$Sa = Se - Sv$$

$$Sa = 5024 \text{ mm}^2 - 1256 \text{ mm}^2$$

$$S_a = 3768 \text{ mm}^2$$

$$S_a = 0,003768 \text{ m}^2$$

$$S_a = 0,148 \text{ in}^2$$

Velocidad de avance (V_a)

$$V_a = \frac{Q_B}{S_e}$$

$$V_a = \frac{333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,005024 \text{ m}^2}$$

$$V_a = 0,066282 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad de retroceso (V_r)

$$V_r = Q_B / S_a$$

$$V_r = \frac{333 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,003768 \text{ m}^2}$$

$$V_r = 0,088376 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Caudal de salida (Q_{out})

$$Q_{out} = V_a * S_a$$

$$Q_{out} = \left(0,066282 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (0,003768 \text{ m}^2)$$

$$Q_{out} = 0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Fuerza de empuje (F_e)

$$F_e = P * S_v$$

$$F_e = 2688,189 \text{ psi} * 1,947 \text{ in}^2$$

$$F_e = 5233,409 \text{ lb}$$

3.3.5. Instrumentación

3.3.5.1 Manómetros

Los manómetros serán utilizados para evaluar las distintas caídas de presión y presiones de trabajo para esto se escogido las siguientes opciones disponibles en el mercado.

Tabla 3-2: Manómetro (Glicerina): WINTERS PFQ

	Carátula	2" (50mm), aluminio blanco con escritura en rojo y negro
	Carcasa	Acero inoxidable 304
	Zócalo	PFQ: Latón OT 58 o acero inoxidable AISI 316
	Relleno	Glicerina
	Movimiento	Latón OT 58 o acero inoxidable
	Material de Tubo Bourdon	Acero inoxidable C o en forma de espiral para zócalo de acero inoxidable 316
	Límite de Sobrepresión	25% para presión hasta 1,450 psi (9,998 kPa), 15% para presión de más de 1,450 psi (9,998 kPa)
	Temperatura/ Ambiente de Procesos	Con glicerina: -4°F hasta 150°F (-20°C to 65°C)
	Exactitud	1.5" (40mm), 2" (50mm): ±2.5% de fondo de escala
	Aro	Cierre repujado de acero inoxidable AISI 316
	Conexión	0 – 160 psi / 0 – 11 kg/cm ² 1/8", 1/4" o 1/2" NPT o 7/16-20 SAE estándar con orificio restrictor
	Lente	1.5" (40mm), 2" (50mm): Acrílico

Fuente: WINTERS, 2023

Realizado por: Collaguazo y Tixe 2024

Tabla 3-3: Manómetro (Glicerina): Modelo 2000 SS DEWIT

	Exactitud	1% del total de la escala ASME B40.100-2013 grado 1A
	Elemento	Tubo bourdon de Acero Inoxidable 316
	Conexión	Acero Inox. 316 inferior 1/2" N.P.T.
	Mecanismo	Acero Inoxidable tipo rotatorio.
	Caja	Acero Inoxidable 304, IP-65
	Bisel	Acero Inoxidable 304 tipo bayoneta
	Ventana	Cristal inastillable
	Carátula	Aluminio fondo blanco, números negros
	Aguja	Aluminio negro anodizado con microajuste
	Rango	Doble kg/cm ² + PSI max. 700 kg/cm ²
	Relleno	Glicerina
	Rangos Estándar	0 – 3000 PSI

Fuente: DEWIT, 2023

Realizado por: Collaguazo y Tixe 2024

Tabla 3-4: Manómetro (Glicerina): Modelo: AST 830.003.5000

	Marca	AST
	Conexión	1/4" NPT (Bronce)
	Carátula	Aluminio fondo blanco, números. color negro y rojo.
	Líquido	Glicerina
	Exactitud	+/- 3% del total de la escala
	Elemento	Tubo bourdon de bronce
	Mecanismo	Bronce
	Ventana / Mirilla	Acrílico
	Aguja	Aluminio esmaltado negro
	Rango	Doble escala: bar / psi
	Relleno	Glicerina
	Rangos Estándar	0 – 5000 PSI

Fuente: AST, 2023

Realizado por: Collaguazo y Tixe 2024

Tabla 3-5: Selección de manómetros.

COMPARACIÓN DE MANÓMETROS			
Marca	AST830.003.5000	DEWIT2000SS	WINTERS PFQ
Presión de trabajo	0 – 5000 PSI	0 – 3000 PSI	0 – 5000 PSI
Ponderación 1 – 10	10	7	10
Conexión	1/4" NPT(Bronce)	Acero Inox. 316 inferior 1/2" N.P.T.	1/8", 1/4" o 1/2" NPT o 7/16-20 SAE estándar con orificio restrictor
Ponderación 1 – 10	10	0	10
Relleno	Glicerina	Glicerina	Glicerina
Ponderación 1 – 10	10	10	10
Exactitud	+/- 3% del total de la escala	+/- 1% del total de la escala	±2.5% de fondo de escala
Ponderación 1 – 10	5	10	7
Precio	\$ 28	\$71	\$ 56,40
Ponderación 1 – 10	10	5	7
TOTAL	45	32	44

Fuente: autor

Realizado por: Collaguazo y Tixe, 2024

Se obtiene como resultado que el manómetro a utilizar en el proyecto es el manómetro que llego a una ponderación de 45 puntos siendo esta la mejor opción en cuanto a los parámetros expuestos en la Tabla 3-10.

3.3.6. Estructura

3.3.6.1 Configuración del brazo.

El brazo hidráulico de una miniexcavadora consta de varias partes importantes que trabajan juntas para permitir movimientos precisos y controlados. A continuación, se muestran algunas partes comunes de un brazo hidráulico. Cabe mencionar que la configuración del brazo puede variar dependiendo de la aplicación que se le quiera dar.

- Brazo principal.

Es la estructura básica del brazo hidráulico y proporciona la longitud y resistencia necesarias para los movimientos de excavación y carga.



Ilustración 3-7: Brazo Principal.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

- Cilindro de elevación

Este cilindro hidráulico está conectado al cuerpo de la excavadora y al brazo principal, lo que permite que el brazo se mueva hacia arriba y hacia abajo.



Ilustración 3-8: Cilindro de Elevación.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

- Cilindro de excavación

Es un cilindro hidráulico que conecta el brazo principal y el de excavación. Ajusta el ángulo de inclinación del brazo de excavación, lo que le permite excavar a diferentes profundidades y ángulos.

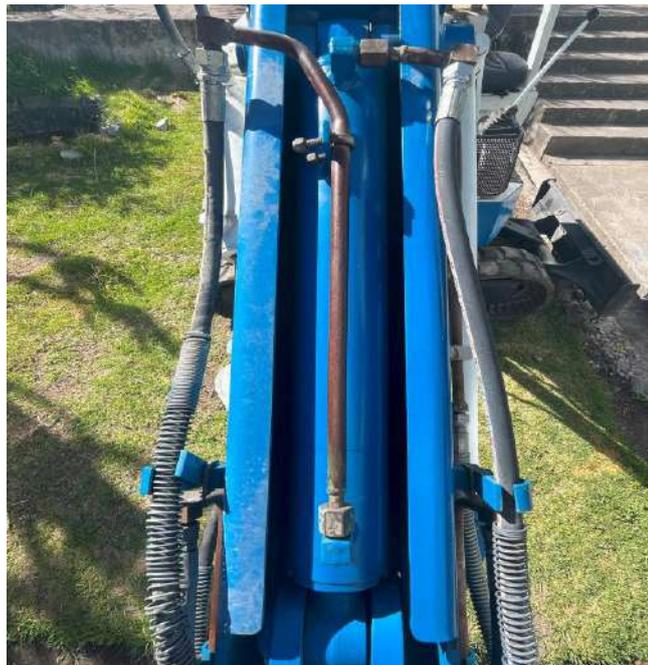


Ilustración 3-9: Cilindro de Excavación.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

- Brazo de excavación o pluma

Es la parte del brazo que se extiende desde el cilindro de excavación hasta el extremo del brazo. Sostiene el cucharón o accesorio de excavación.



Ilustración 3-10: Brazo de excavación o pluma.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

- Cucharón de excavación

Es de trabajo conectada al extremo del brazo de excavación. Puede variar en tamaño y forma según la tarea, como cucharones para excavación, cucharones de limpieza, garfios, etc. Para este proyecto se utilizó una cuchara con una capacidad de $0,2 \text{ m}^3$



Ilustración 3-11: Cucharón de excavación.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

- Cilindro de giro

Este cilindro de giro permite que el brazo gire lateralmente, lo que es útil para maniobrar en espacios reducidos.



Ilustración 3-12: Cilindro de giro.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

- Grupo válvulas de control

Son dispositivos que regulan el flujo de fluido hidráulico dentro y fuera de los cilindros y así controlar el movimiento del brazo hidráulico. Estos pueden incluir válvulas de control de velocidad y válvulas de alivio de presión.



Ilustración 3-13: Válvula de control.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

- Mangueras hidráulicas

Transportan fluido hidráulico desde la bomba a los cilindros y otras partes móviles del brazo. Deben estar en buenas condiciones para garantizar un funcionamiento eficiente.



Ilustración 3-14: Mangueras Hidráulicas.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

- Conexiones y pasadores

Son elementos que conectan las distintas partes del brazo hidráulico, permitiendo movimientos articulados y flexibilidad. Deben ser inspeccionados y mantenidos periódicamente.



Ilustración 3-15: Conexiones.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.6.2 Grados de libertad del brazo hidráulico

El número de grados de libertad del brazo hidráulico de una miniexcavadora depende de la complejidad y el diseño especial del sistema. En general, los grados de libertad se refieren a los movimientos independientes que puede realizar un objeto en el espacio.

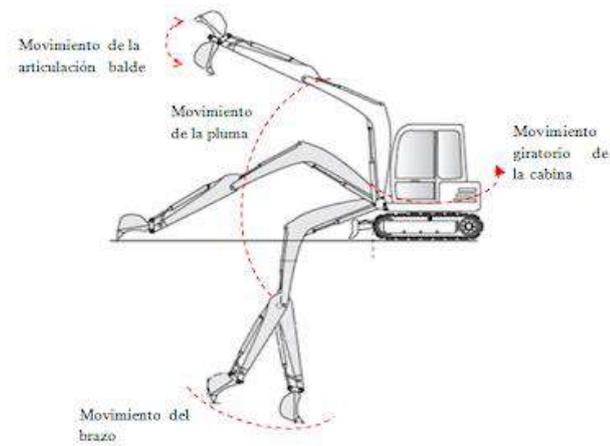


Ilustración 3-16: Movimientos de un Brazo hidráulico.

Fuente: Comercial JWR,

En el caso de una miniexcavadora, los grados de libertad del brazo hidráulico suelen incluir:

- Movimiento de elevación (linear)

Este grado de libertad permite que el brazo hidráulico se mueva hacia arriba o hacia abajo en línea recta, brindando la capacidad de subir y bajar la carga.

- Movimiento de extensión (linear)

Permite que el brazo hidráulico se extienda o retraiga, lo que es esencial para alcanzar distancias variables.

- Movimiento de la extensión (rotacional)

Permite que la extensión del brazo gire alrededor de un eje horizontal, lo que permite que el brazo superior y la extensión del cucharón se muevan hacia la izquierda o hacia la derecha.

- Rotación del cucharón o implemento (rotacional)

Facilita la rotación del cucharón o el retorno a un eje vertical, permitiendo una orientación adecuada para la excavación o manipulación de la carga.

- Giro de la base (rotacional)

Significa que el brazo puede girar en un plano horizontal y proporciona una mayor flexibilidad para el posicionamiento.

3.3.6.3 Cálculo de los Grados de libertad del brazo hidráulico

Por medio del criterio de Kutzbach se procede a calcular los grados de libertad del brazo hidráulico.

$$GDL = 3(n - 1) - 2(J_1) - J_2 \quad \Rightarrow \text{Gruebler}$$

Donde:

n = Número de eslabones

J_1 = Juntas completas

J_2 = Semijuntas

Con ayuda del programa linkage se realizó la configuración del brazo hidráulico el cual también ayudara a identificar el número de eslabones del mecanismo y sus respectivas juntas y semijuntas en el caso de existir alguna.

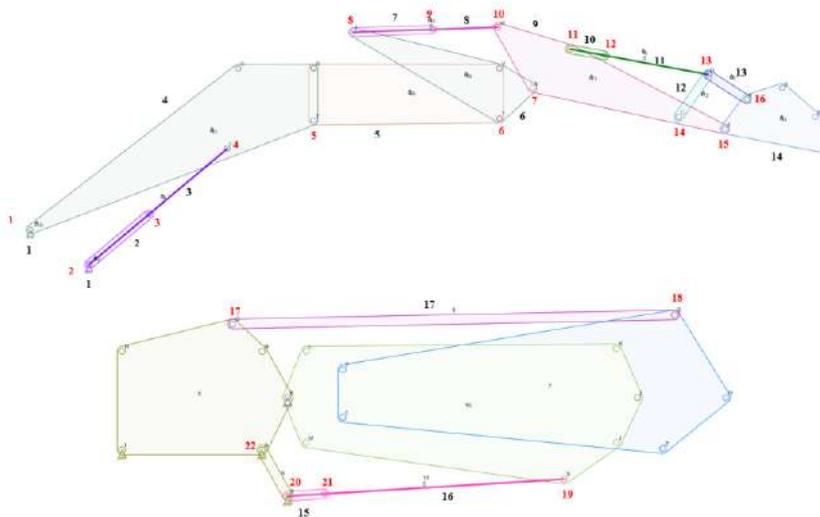


Ilustración 3-17: Configuración del brazo hidráulico (vista lateral)

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

Datos:

$$n = 17$$

$$J = 22$$

$$H = 0$$

Aplicando la formula se tiene que:

$$GDL = 3(n - 1) - 2(J) - H$$

$$GDL = 3(17 - 1) - 2(22) - 0$$

$$GDL = 3(16) - 44 - 0$$

$$GDL = 48 - 44 - 0$$

$$GDL = 4$$

3.3.7. Diagrama de procesos



Ilustración 3-18: Organigrama.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.8. Implementación del brazo hidráulico

La implementación del brazo hidráulico en el banco de pruebas implica varios pasos. A continuación, se detallan los pasos que se llevaron a cabo, teniendo en cuenta que este es un

proceso amplio y específico que cumple con las particularidades y requerimientos de este proyecto.

3.3.8.1 *Diseño del sistema hidráulico*

- En este proyecto se definió los requisitos de carga y alcance del brazo hidráulico.
- Se seleccionó los componentes hidráulicos adecuados por medio de cálculos y fichas técnicas de los diferentes fabricantes y elementos que se encuentran disponibles en el mercado, como cilindros, manómetros y mangueras.
- Se implementó el circuito hidráulico teniendo en cuenta la eficiencia y la seguridad para su correcto funcionamiento.

3.3.8.2 *Instalación del sistema hidráulico en el banco de pruebas*

- Se realizó una integración del sistema hidráulico con la estructura del brazo hidráulico del banco de prueba.
- Se conectó las mangueras hidráulicas de manera segura y hermética evitando fugas.
- Se llevo las conexiones realizadas hasta conectar a la bomba hidráulica y la válvula de control.
- Se instaló dos T con acoples rápidos para lograr obtener las medidas de presión con ayuda de manómetros y observar presiones de trabajo en el sistema hidráulico.



Ilustración 3-19: Integración del sistema Hidráulico.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024



Ilustración 3-20: T con acople rápido para manómetros.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.8.3 Configuración de la válvula de control

- Se realizó el ajuste de la válvula de control para garantizar un movimiento suave y preciso del brazo.
- Hay que asegurarse de que la válvula esté configurada para cumplir con los requisitos de carga y velocidad.



Ilustración 3-21: Válvulas de control.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.8.4 Pruebas del sistema hidráulico

- Se realizó pruebas de presión para asegurarte de que el sistema hidráulico pueda manejar la carga prevista.
- Se realizó pruebas de movimientos del brazo en vacío para identificar posibles problemas.



Ilustración 3-22: Brazo extendido.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024



Ilustración 3-23: Brazo recogido.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024



Ilustración 3-24: Brazo en posición de descanso.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.8.5 *Implementación del sistema de control*

- Se integró el sistema de control que permitirá al operador manejar el brazo hidráulico.
- Se aseguró de que todos los controles estén correctamente conectados y funcionando.



Ilustración 3-25: Sistema de control.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.8.6 Pruebas de funcionamiento del brazo hidráulico

- Se realizó pruebas prácticas para evaluar el rendimiento del brazo hidráulico bajo condiciones simuladas de trabajo.



Ilustración 3-26: Pruebas de funcionamiento en condiciones de trabajo.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024



Ilustración 3-27: Pruebas de funcionamiento excavación.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.9. *Mantenimiento del brazo hidráulico*

3.3.9.1 *Inspección visual*

Realiza inspecciones visuales periódicas para garantizar la seguridad operativa y mantener el funcionamiento eficiente del equipo mediante la identificación de posibles fugas de fluido hidráulico, daños en mangueras, conexiones sueltas o posibles signos de desgaste en componentes clave.

3.3.9.2 *Verificación de niveles de fluido*

Verificar el nivel de líquido del brazo hidráulico es una consideración clave. Asegúrese de que el nivel de fluido hidráulico en el depósito esté dentro de los límites recomendados. Verifique la calidad del fluido y realice cambios de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

3.3.9.3 *Filtración del fluido*

La filtración de fluidos es una parte fundamental del mantenimiento preventivo para garantizar un sistema hidráulico óptimo. Revise los filtros hidráulicos y cámbielos periódicamente para asegurarse de que el fluido esté libre de contaminación. Los filtros desgastados u obstruidos pueden afectar el rendimiento del sistema.

3.3.9.4 *Revisión de mangueras y conductos*

La inspección de mangueras y conductos es una parte importante del mantenimiento para garantizar la integridad del sistema hidráulico y evitar posibles fallos de funcionamiento. Compruebe las líneas y mangueras hidráulicas para detectar posibles daños, rozaduras o fugas. Asegúrese de que estén conectados correctamente y de que no haya restricciones de flujo.

3.3.9.5 *Sistema de sellado*

El sistema de sellado desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la integridad del fluido hidráulico y la eficiencia del sistema. Revise las juntas y sellos para asegurarse de que estén en buenas condiciones. Los sellos defectuosos pueden causar fugas y reducir la eficiencia del sistema.

3.3.9.6 Lubricación

La lubricación es una parte fundamental del mantenimiento para garantizar un funcionamiento suave, reducir la fricción y prevenir el desgaste prematuro de los componentes. Lubrique los puntos de pivote y las piezas móviles del brazo hidráulico según las instrucciones del fabricante. Esto ayuda a reducir la fricción y el desgaste prematuro.

3.3.9.7 Alineación y juego

La alineación y el juego son consideraciones críticas que afectan directamente la precisión y estabilidad del dispositivo durante el uso. Verifique la alineación de las piezas del brazo hidráulico y asegúrese de que no haya juego excesivo en las juntas. Los juegos pueden afectar la precisión y estabilidad del dispositivo.

3.3.9.8 Cilindros hidráulicos

La inspección de los cilindros hidráulicos es una parte importante del mantenimiento preventivo para garantizar un rendimiento óptimo y evitar fallas. Inspeccione los cilindros hidráulicos en busca de fugas, corrosión o daños en la varilla. Asegúrese de que los cilindros estén correctamente alineados y funcionando sin problemas.

3.3.9.9 Comprobación de presiones

Verificar las presiones de las palancas hidráulicas es la principal tarea de mantenimiento. La estimación de las presiones del sistema hidráulico ayuda a garantizar el funcionamiento eficiente y seguro del equipo. Realice pruebas de presión de acuerdo con las instrucciones del fabricante para garantizar que el sistema hidráulico esté funcionando dentro de los parámetros recomendados.

3.3.9.10 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es esencial para garantizar un rendimiento óptimo, prolongar la vida útil del equipo y prevenir problemas costosos. Sigue el programa de mantenimiento preventivo recomendado por el fabricante, que puede incluir cambios de fluido, inspecciones detalladas y ajustes periódicos.

3.3.9.11 Registro de mantenimiento

Un registro bien organizado facilita la planificación de futuras inspecciones, el análisis de tendencias de desgaste y la toma de decisiones informadas sobre reparaciones o reemplazos. Lleva un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo fechas, intervenciones y cualquier problema detectado. Esto facilitará el seguimiento y la planificación de futuros mantenimientos.

3.3.10. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas funcionales del brazo hidráulico son necesarias para garantizar la seguridad, eficiencia y durabilidad del equipo y para cumplir con los requisitos necesarios durante la implementación de este proyecto. Además, promueven una gestión eficaz de los costes al prevenir los problemas antes de que su solución resulte costosa.

3.3.10.1 Movimientos básicos

Se realiza movimientos básicos del brazo hidráulico, como levantar y bajar el brazo, extender y retraer el brazo y abrir y cerrar el cucharón para poder observar cualquier ruido inusual, vibraciones o movimientos irregulares.

3.3.10.2 Verificación de velocidad y potencia

Se realizan movimientos rápidos y lentos de la mano para garantizar la velocidad y potencia del sistema hidráulico. Esto puede garantizar que sus movimientos sean suaves y controlados.

3.3.10.3 Prueba de carga

Levanta una carga liviana con el brazo y verifique si hay algún problema con la capacidad de carga. Observe el sistema hidráulico para detectar una respuesta adecuada y signos de debilidad o lentitud.



Ilustración 3-28: Levantamiento de Carga.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

3.3.10.4 Prueba de precisión

Con movimientos precisos se evalúa la capacidad del elevador hidráulico para realizar tareas detalladas. Esto es especialmente importante cuando la miniexcavadora se utiliza para trabajos que requieren precisión, como excavar cerca de estructuras.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Presiones de trabajo

Cuando se habla de presiones de trabajo se debe tener en cuenta varios factores como la fuerza requerida el área del cilindro. Como se observa en la Ilustración 4-1, la presión de trabajo de la válvula de control es de 2700 psi aproximadamente.



Ilustración 4-1: Presión de trabajo válvula de control.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

Al momento de operar el brazo y realizar los movimientos básicos se obtuvo una presión de 700 psi en el brazo de elevación esto se debe a la disposición del cuerpo de válvulas ya que no se encontraba abierto por completo.

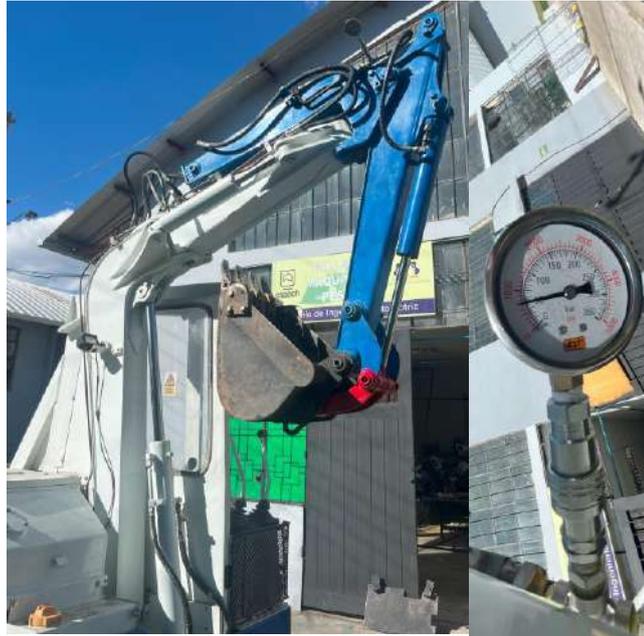


Ilustración 4-2: Presión cilindro de elevación Brazo retraído.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

4.2. Mangueras

Con los cálculos realizados se procedió a realizar una comparación entre las mangueras disponibles en el mercado y obteniendo como resultado que más adecuada para este proyecto es una manguera SAE 100 R2 AT/DIN-EN 853 2SN 3/8” - WP 330 BAR / 3785 PSI del Fabricante flexpower.

El tubo está fabricado con un tipo específico de caucho sintético diseñado para resistir aceites hidráulicos, tanto minerales como vegetales. Para reforzarlo, se utilizan dos alambres de acero trenzado de gran resistencia. Su cobertura también está hecha de un caucho sintético especial que protege contra aceites, abrasivos y condiciones climáticas adversas. Este tipo de manguera se utiliza en aplicaciones de media y alta presión en sistemas hidráulicos para sectores industriales y agrícolas. Con una temperatura de -40 a +100°C.

4.2.1. Caídas de presión

Con ayuda de los manómetros seleccionados para este proyecto se midió las presiones de trabajo de los cilindros de elevación y excavación. En el manómetro colocado en el brazo de elevación se pudo observar una presión de 2688 psi aproximadamente, mientras que en el cilindro de excavación la presión fue de 2668 psi.

Relacionando las presiones de trabajo de los cilindros con la presión a la salida del cuerpo de válvulas se comprobó que las caídas de presión calculadas son acertadas.



Ilustración 4-3: Presión cilindro de elevación completa.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024



Ilustración 4-4: Presión cilindro de excavación retracción completa.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024



Ilustración 4-5: Medición caídas de presión de cilindro de elevación

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024



Ilustración 4-6: Medición caídas de presión de cilindro de excavación.

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

4.3. Cilindros hidráulicos

Se llegó a la obtención de los cilindros hidráulicos por medio de cálculos y fichas técnicas de la empresa CICROSA como se muestra en el ANEXO A, dando como resultado los siguientes:

Tabla 4-1: Selección de Cilindros Hidráulicos

CILINDROS HIDRÁULICOS				
	Diámetro Vástago mm	Diámetro Embolo mm	Distancia del cilindro (E)	Código
Cilindro de excavación	40	70	670	1004/5
Cilindro de extensión	40	80	780	1005/5
Cilindro de giro	40	70	570	1004/3
Cilindro de elevación	40	80	980	1005/7

Fuente: Autor, 2023

Realizado por: Collaguazo y Tixe 2024

4.4. Manual de operación

La implementación de este manual da como resultado instrucciones detalladas para el uso seguro y eficiente del elevador hidráulico. Esto incluye encender y apagar el dispositivo, realizar las configuraciones y ajustes necesarios y utilizar cada función de la mano correctamente. Referirse al ANEXO D

4.5. Hoja de inspección

Gracias a esta implementación, los resultados son una herramienta invaluable para el mantenimiento preventivo, mayor seguridad, eficiencia en el trabajo y reducción de costos para mantener los equipos en óptimas condiciones de trabajo, garantizando su operación segura y eficiente en el tiempo. Referirse al ANEXO E

4.6. Guía de practica

La guía práctica desarrollada para este proyecto proporcionará un resultado muy útil en varios aspectos, especialmente en el campo de la ingeniería o disciplinas afines. La guía le permite conectar la teoría con la práctica, permitiéndole aplicar los conceptos aprendidos sobre hidráulica e ingeniería pesada en un entorno práctico, facilitando la comprensión y la retención de conocimientos. Referirse al ANEXO F.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La búsqueda de referencias bibliográficas relacionadas con brazos hidráulicos de aplicaciones didácticas a través de revistas regionales y de alto impacto ha proporcionado una base sólida para comprender el principio de funcionamiento de estos dispositivos. En el recorrido de la literatura, se lograron adquirir conocimientos detallados en torno a la teoría, práctica de implementación y diseño en aplicaciones didácticas de brazos hidráulicos, lo cual permitió otorgar una mirada general al respecto.

Según los cálculos para la selección de las mangueras, el diámetro interior que debe tener es de 10 mm y la presión de trabajo mínima es de 2700 psi. Se compararon las mangueras entre tres diferentes marcas existentes en el mercado nacional siendo la manguera seleccionada la SAE 100 R2 AT/DIN-EN 853 2SN 3/8" - WP 330 BAR / 4785 PSI del Fabricante flexpower.

El análisis y comparación detallada de los diversos brazos hidráulicos y cilindros disponibles en el mercado nacional para su implementación en la carrera de ingeniería automotriz han arrojado información valiosa para la correcta selección de componentes en este proyecto. La estructura del brazo es de la marca Komatsu modelo PC28UU-1 el cual cuenta con cinco partes incluyendo la cuchara, para este modelo de brazo fue necesario seleccionar 4 cilindros estándar de doble efecto del catálogo CICROSA HIDRAULICA. Los cilindros seleccionados son el 1004/5 para excavación, el 1005/5 para el brazo de extensión, el 1004/3 como cilindro de giro y el 1005/7 para el brazo de elevación, para los cuales se calculó la fuerza de empuje siendo de: 5195.01 lbf, 5201.79 lbf, 5226.28 lbf y 5233.40 lbf respectivamente.

La implementación del sistema del brazo hidráulico en el laboratorio de maquinaria pesada de la escuela de Ingeniería Automotriz ha sido un éxito. En este sentido, el presente informe ha detallado cómo se han llevado a cabo de forma integral las normas de seguridad y consideraciones tecnológicas exigidas por el fabricante. Este logro contribuye a un entorno seguro para el proceso educativo y a una plataforma robusta para el desarrollo didáctico de la aplicación práctica de los conocimientos impartidos en el aula.

La elaboración de la hoja de inspección, el manual de usuario y las guías de laboratorio para el brazo hidráulico ha sido completada con éxito, siguiendo rigurosamente las consideraciones técnicas proporcionadas por el fabricante. Estos documentos constituyen herramientas fundamentales para garantizar el correcto funcionamiento, mantenimiento y operación segura del brazo hidráulico en el entorno del laboratorio, los cuales se encuentran en los Anexos: D, E y F, respectivamente.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda que se puedan considerar nuevas referencias, y la revisión periódica de la literatura se considera esencial para informar el marco teórico del proyecto y garantizar que la práctica educativa esté informada por las últimas contribuciones académicas relevantes. Además, recomienda que se establezca contacto con expertos en el campo para brindar retroalimentación continua y orientación de apoyo durante todo el desarrollo del proyecto.

Para garantizar la excelencia y relevancia continua del proyecto de enseñanza, también es aconsejable realizar actualizaciones regulares de este análisis de mercado con el fin de monitorear descubrimientos adicionales y opciones de brazo hidráulico y cilindros. A medida que la tecnología se desarrolla rápidamente, podría existir la posibilidad de innovaciones que mejoren la eficacia de la enseñanza misma. Por último, el uso continuo del software de ingeniería asistida por computadora (CAE) para garantizar que los ajustes necesarios sigan los objetivos cambiantes de la educación, es otra recomendación final.

Con el fin de asegurar la sostenibilidad y mejora se sugiere implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo: debido a que los generales operativos construidos pueden ser un equipo costoso y en virtud de garantizar la sostenibilidad y mejoras continuas del sistema implantado, se debería establecer un programa de mantenimiento preventivo y correctivo. Este programa implicaría inspecciones regulares y calibraciones, así como la monitorización proactiva de las áreas que requieren mejoras. Además, se sugiere promover la experiencia de los estudiantes en el mantenimiento del equipo para proporcionar una oportunidad de aprender ejecutando en la administración y el mantenimiento de sistemas complejos.

Para maximizar el impacto del proyecto en la educación de los estudiantes, se recomienda recopilar y analizar sistemáticamente los comentarios de los estudiantes sobre sus experiencias con el sistema de elevación hidráulica. Esto ayuda a realizar ajustes y adiciones

continuos y garantiza que el laboratorio siga siendo una base importante para el desarrollo académico de los futuros ingenieros automotrices.

Se recomienda un programa regular de revisión y actualización para optimizar la utilidad y la relevancia continua de los documentos producidos. Este proceso garantiza que la hoja de inspección, el manual del operador y los manuales de laboratorio sean consistentes con los avances en la tecnología de brazos hidráulicos y los procedimientos de seguridad estándar y los enfoques pedagógicos.

Se recomienda posibilitar sesiones de formación regulares para los usuarios, para que de esta manera se pueda emplear una revisión de los documentos y se invite a una orientación práctica sobre su aplicación. Esto garantizará una comprensión completa y segura de los procedimientos y mejores prácticas delineadas en los documentos, de esta forma se fomentará un uso adecuado y seguro del brazo hidráulico.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BARRETO Gordón & VILLEGAS, Edmundo.** Diseño e implementación de un banco didáctico para la enseñanza de los sistemas oleohidráulicos en la Escuela de Ingeniería Mecánica. [En Línea]. (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2013. [Consulta: 2024-01-25]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/3143>
2. **BEER, Ferdinand; et al.** *Mecánica de Materiales*. [En línea]. 5^{ta} ed. México: McGraw Hill, 2009. [Consulta: 2024-01-23]. Disponible en: https://www.academia.edu/34453780/Mecanica_de_Materiales_5ta_Ed_Beer_Johnston_De_Wolf_Mazurek_McGraw_Hill
3. **CAMPO, Antonio.** *Válvulas de control, Selección y cálculo*. [En Línea]. Madrid – España: 2014. [Consulta: 2024-02-27]. Disponible en: https://www.academia.edu/15914449/ANTONIO_CAMPO_L%C3%93PEZ_V%C3%81LVULAS_DE_CONTROL
4. **CARRERA, Gustavo & NARANJO, Juan.** Brazo mecánico hidráulico empleando los principios de Newton y Pascal. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. [En línea]. 2018. [Consulta: 2023-11-21]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/03/brazo-mecanico.html>
5. **CENGEL, Yunus & CIMBALA, John.** *Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones* [En línea]. Primera edición. México : McGraw-Hill, 2006, [Consulta: 2023-12-10] Disponible en: https://www.academia.edu/25669790/Mecanica_de_Fluidos_Fundamentos_y_Aplicaciones_Yunus_Cengel_y_John_Cimbala_Primer_Edicion
6. **CHUCHUCA, Kleber & RODAS, Erick.** Diagnóstico del fluido hidráulico de la maquinaria pesada utilizada por el ministerio de transporte y obras públicas del Azuay, mediante el conteo de partículas, para determinar su estado. [En Línea]. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca–Ecuador. 2020. [Consulta: 2024-01-14]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19421>

7. **HERAS DE LAS, Salvador.** *Fluidos, Bombas E Instalaciones Hidráulicas.* [En línea] Segunda edición. Barcelona-España. 2018. [Consulta: 2023-11-16] Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36653/9788476538937.pdf>
8. **DIAZ MARIÑO, Julio Cesar & GOMEZ OTERO, Omar Camilo.** Diseño y construcción de un banco de prácticas con aplicación de un brazo oleohidráulico. [En línea] Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga-Colombia. 2010. [Consulta: 2024-01-14] Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/814>
9. **GUILLERMINA, Baena.** *Metodología de la investigación.* [En línea] Tercera edición. México, Grupo editorial Patria, 2017. [Consulta: 2024-02-24] Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
10. **HIBBELER, Rusell.** *Mecanica de Materiales.* [En línea]. Sexta edición. México. Prentice Hall, 2011. [Consulta: 2024-02-08] Disponible en: https://books.google.com.gt/books?id=iCBye0_IEXsC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
11. **MALDONADO, Cristian & QUELAL, Carlos.** Diseño y construcción de la parte mecánica para el brazo hidráulico portátil para pequeñas excavaciones, impulsado por un motor a gasolina. [En línea] Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador. 2015. [Consulta: 2024-02-08]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4470>
12. **MYSZKA, David.** *Máquinas y mecanismos.* Cuarta edición. México. Pearson, 2012. [En línea]. [Consulta: 2023-12-28]. Disponible en: https://www.academia.edu/49931248/Maquinas_y_mecanismos_4ta_Edicion_pdf
13. **ROLDÁN, José.** *Tecnología y circuitos de aplicación de neumática, hidráulica y electricidad.* Primera edición. Madrid. Paraninfo, 2012. [Consulta: 2024-01-07] Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=t1FWdXf2gTQC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
14. **VENTURA, Edgar.** Diseño de un brazo hidráulico articulado de 6 TM de capacidad para optimizar el izaje de postes en la empresa IMECAL SRL. [En línea] Universidad César

Vallejo, Chiclayo-Perú. 2020. [Consulta: 2024-02-05] Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54622?locale-attribute=es>



Total 14 referencias bibliográficas

ANEXOS

ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS DE CILINDROS



CILINDROS ESTÁNDAR DOBLE EFECTO (1000)

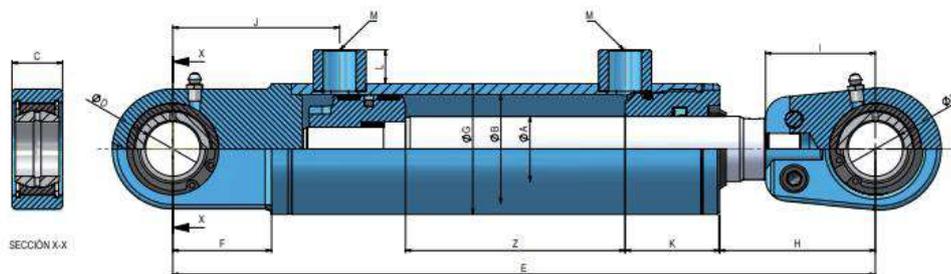
Double acting standard cylinders (1000) / Vérins standard double effet (1000)
Doppeltwirkende Standard Hydraulikzylinder (1000)

01

SERIE 1000 / SERIES 1000 / SÉRIE 1000 / SERIE 1000																	
REF.	ØA	ØB	CARRERA STROKE CORSE HUB Z	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M BSP	VOL (L)	ÁRBITRO REPLACEMENT REPLACEMENT	REG. REPOSICIÓN CAVUCH RUB
1000/05	20	32	50	260	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.04	J70N	2.08
1000/10	20	32	100	310	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.08	J70N	2.38
1000/15	20	32	150	360	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.12	J70N	2.68
1000/20	20	32	200	410	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.16	J70N	2.98
1000/30	20	32	300	510	19	20	38	40	65	50	63	33	9.5	1/4	0.24	J70N	3.28
1008/1	20	40	100	305	19	20	38	50	70	50	67	40	15.0	3/8	0.13	J2040N	3.06
1008/150	20	40	150	355	19	20	38	50	70	50	67	40	15.0	3/8	0.19	J2040N	3.46
1008/2	20	40	200	405	19	20	38	50	70	50	67	40	15.0	3/8	0.25	J2040N	3.86
1001/1	25	40	100	305	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.13	J71N	3.34
1001/2	25	40	200	405	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.25	J71N	4.28
1001/3	25	40	300	505	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.38	J71N	5.23
1001/4	25	40	400	605	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.50	J71N	6.18
1001/5	25	40	500	705	19	20	38	50	70	50	67	40	15	3/8	0.63	J71N	7.13
1009/1	25	50	100	320	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.20	J2850N	4.36
1009/150	25	50	150	370	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.29	J2850N	4.89
1009/2	25	50	200	420	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.39	J2850N	5.42
1009/250	25	50	250	470	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.49	J2850N	5.95
1002/1	30	50	100	320	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.20	J72N	4.44
1002/150	30	50	150	370	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.29	J72N	5.17
1002/2	30	50	200	420	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.39	J72N	5.62
1002/250	30	50	250	470	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.49	J72N	6.40
1002/3	30	50	300	520	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.59	J72N	6.80
1002/350	30	50	350	570	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.69	J72N	7.63
1002/4	30	50	400	620	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.79	J72N	7.98
1002/450	30	50	450	670	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.89	J72N	8.86
1002/5	30	50	500	720	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	0.98	J72N	9.16
1002/6	30	50	600	820	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	1.18	J72N	10.34
1002/7	30	50	700	920	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	1.37	J72N	11.52
1002/800	30	50	800	1020	23	25	45	60	71	50	76	43	15	3/8	1.57	J72N	13.16
1003/1	30	60	100	340	28	30	51	70	83	60	82	45	15	3/8	0.28	J73N	6.15
1003/2	30	60	200	440	28	30	51	70	83	60	82	45	15	3/8	0.57	J73N	7.51
1003/3	30	60	300	540	28	30	51	70	83	60	82	45	15	3/8	0.85	J73N	8.87
1003/4	30	60	400	640	28	30	51	70	83	60	82	45	15	3/8	1.13	J73N	10.23

SERIE 1000 / SERIES 1000 / SÉRIE 1000 / SERIE 1000

REF.	ØA	ØB	CARRERA STROKE COURSE FUS J	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M BSP	VOL (L)	TIPO WORLD POUR SWITCH NUT	PESO WEIGHT POIDS Masse
1003/5	30	60	500	740	28	30	51	70	83	60	82	45	15	3/8	1.41	J73N	11.59
1003/6	30	60	600	840	28	30	51	70	83	60	82	45	15	3/8	1.70	J73N	12.95
1003/7	30	60	700	940	28	30	51	70	83	60	82	45	15	3/8	1.98	J73N	14.31
1004/2	40	70	200	470	30	35	61	80	95	70	94	49	15	3/8	0.77	J74N	11.03
1004/3	40	70	300	570	30	35	61	80	95	70	94	49	15	3/8	1.15	J74N	12.94
1004/4	40	70	400	670	30	35	61	80	95	70	94	49	15	3/8	1.54	J74N	14.85
1004/5	40	70	500	770	30	35	61	80	95	70	94	49	15	3/8	1.92	J74N	16.76
1004/6	40	70	600	870	30	35	61	80	95	70	94	49	15	3/8	2.31	J74N	18.67
1004/7	40	70	700	970	30	35	61	80	95	70	94	49	15	3/8	2.69	J74N	20.58
1004/800	40	70	800	1070	30	35	61	80	95	70	94	49	15	3/8	3.07	J74N	22.33
1005/2	40	80	200	480	30	35	61	90	93	70	94	54	15	3/8	1.01	J75N	12.95
1005/3	40	80	300	580	30	35	61	90	93	70	94	54	15	3/8	1.51	J75N	14.98
1005/4	40	80	400	680	30	35	61	90	93	70	94	54	15	3/8	2.01	J75N	17.01
1005/5	40	80	500	780	30	35	61	90	93	70	94	54	15	3/8	2.51	J75N	19.04
1005/6	40	80	600	880	30	35	61	90	93	70	94	54	15	3/8	3.01	J75N	21.07
1005/7	40	80	700	980	30	35	61	90	93	70	94	54	15	3/8	3.51	J75N	23.10
1006/3	50	100	300	625	35	40	69	115	118	85	104	60	17	1/2	2.36	J76N	26.37
1006/4	50	100	400	725	35	40	69	115	118	85	104	60	17	1/2	3.14	J76N	29.89
1006/5	50	100	500	825	35	40	69	115	118	85	104	60	17	1/2	3.93	J76N	33.41
1006/600	50	100	600	925	35	40	69	115	118	85	104	60	17	1/2	4.71	J76N	36.89
1006/7	50	100	700	1025	35	40	69	115	118	85	104	60	17	1/2	5.50	J76N	40.45
1006/9	50	100	900	1225	35	40	69	115	118	85	104	60	17	1/2	7.07	J76N	47.49
1007/5	70	125	500	920	40	50	88	145	137	105	141	80	20	3/4	6.18	J77	65.70
1007/10	70	125	1000	1420	40	50	88	145	137	105	141	80	20	3/4	12.36	J77	97.45



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Technical data / Fiche Technique / Technische daten



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CILINDROS HIDRÁULICOS ESTÁNDAR

► CARACTERÍSTICAS

- Presión de utilización máxima: 200 bar
- Presión de prueba máxima: 300 bar
- Velocidad de utilización máxima: 0.5 m/s
- Temperatura de utilización: -30 °C a +90 °C.
- Aceite: hidráulico mineral.

► MATERIALES

- Vástago: acero F-1140 cromado, recubrimiento mínimo de la capa de cromo 20 micras, rugosidad Ra < 0,2, dureza mínima del recubrimiento 900 HV, resistencia a la corrosión mínimo 200 horas niebla salina neutra según ISO9227 rating 9.
- Camisa: acero ST-52-3, DIN 2393, tolerancia sobre el diámetro interior ISO H9, rugosidad Ra < 0,8 micras.
- Cabeza: acero F-1140 nitrurado
- Pistón: acero F-1140.

► ESTANQUEIDAD

- Cabeza
 - √ Dinámica: Collarín compacto de poliuretano, doble labio. Rascador metálico en NBR.
 - √ Estática: junta torica en NBR 90 shore.
- Pistón:
 - √ Dinámica: Junta compacta de doble efecto en poliuretano, mas junta torica en nitrilo como elemento activador. Guías en poliacetal especial reforzado con fibra de vidrio.
 - √ Estática: guía estanca de freno en poliamida.

► ACABADOS:

- Imprimación en color negro.

► RECOMENDACIONES

- Proteger el circuito del cilindro con un limitador de presión a 200 bar.
- Verificar el estado de pureza del fluido, evitar que tenga cuerpos extraños (colocar filtro en el circuito del cilindro).
- Purgar el circuito, desatornillando ligeramente los rotores de alimentación del cilindro antes de la puesta en servicio.
- No soldar sobre la camisa (tuba).

- Desmontar el cilindro para soldar sobre el vástago o sobre el fondo.
- Para el almacenamiento prolongado de los cilindros, evitar la intemperie, de no ser así, el vástago debe estar completamente introducido en la camisa, en caso contrario deberá forzosamente estar engrasado.
- Para exposiciones prolongadas a la intemperie, se recomienda engrasar la parte del vástago que quede fuera de la camisa.
- Para limpiezas del cilindro a alta presión, a chorreados deberá preverse una protección suficiente sobre el vástago y las tomas de aceite.
- Para cilindros de doble efecto que vayan a trabajar como simple efecto, es recomendable conectar el rotor no utilizado al tanque.
- En caso de desmontar el cilindro, hay que tener en cuenta que el pistón va roscado al vástago y lleva fijador de roscas, prever el acopio de fijador de roscas para el posterior montaje.

TECHNICAL DATA FOR STANDARD HYDRAULIC CYLINDERS

► CHARACTERISTICS

- Maximum working pressure: 200 bar
- Maximum testing pressure: 300 bar
- Maximum working speed: 0.5 m/s
- Working temperature: -30 °C to +90 °C.
- Oil: mineral hydraulic.

► MATERIALS

- Rod: chrome plated steel F-1140, minimum chrome layer thickness 20 micron, roughness Ra < 0,2; minimum surface hardness 900 HV, corrosion resistance minimum 200 hours in neutral saline fog according to ISO9227 rating 9.
- Tube: steel ST-52-3, DIN 2393, inside diameter tolerance ISO H9, roughness Ra < 0,8 micron.
- Guide-bushing: steel F-1140 nitrified (nitride hardening)
- Piston: steel F-1140.

► SEALS

- Guide-bushing:
 - √ Dynamic: compact polyurethane rod-seal, double lip, NBR metal wiper seal.
 - √ Static: NBR 90 shore o-ring.
- Piston:
 - √ Dynamic: compact double-acting polyurethane seal, plus nitrile o-ring as activator. Special polyacetal guides reinforced with glass fiber.
 - √ Static: polyamide locking sealing guide.

► FINISHING:

- Black prime painting.

► RECOMMENDATIONS

- Protect the cylinder circuit with a relief valve set at 200 bar.
- Check the oil cleanness (pollution), and prevent it from having strange objects (place a filter on the cylinder circuit).
- Bleed the circuit by slightly loosening the cylinder fittings before starting-up.
- Do not weld on the cylinder tube.
- Before welding on the rod or on the bottom, please dismount the cylinder.
- In case you need to store the cylinders

for a long period of time, please avoid outdoor storage. If not possible, the rod must be completely retracted or it must be greased instead.

- For high-pressure cleaning or blasting on the cylinder, the rod and the oil-parts must be suitably protected.
- For double-acting cylinders working as single-acting, we recommend to connect the non-used oil-port to tank.
- In case you need to dismount the cylinder, please note that the piston is screwed onto the rod end and fixed with industrial glue, so you must use also industrial glue when mounting again.

ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS DE MANGUERAS

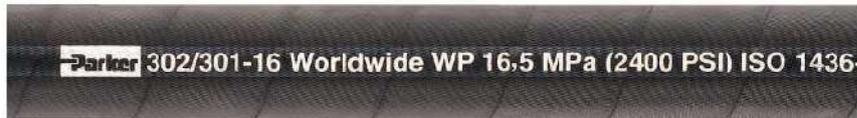
HYDRAULIC 302

Markets



Parker's 302 hose, a universal two-wire construction hose designed to accommodate global customer requirements, is manufactured to strict international quality specifications. Parker's 302 offers customers consistency of performance combined with continuous availability anywhere in the world. It offers a high working pressure, long service life and a wide fluid compatibility.

- Universal two-wire hose design manufactured to international specifications (ISO 1436-1 Type 2SN)
- Increased working pressures for improved reliability and expanded applications
- Synthetic rubber inner tube for greater fluid compatibility and bio-oil resistance



302

Hydraulic Worldwide
ISO 1436-1 TYPE 2SN / SAE J517 100R2AT /
SAE J1942 / EN 853 TYPE 2SN



# Part Number	Hose ID		Hose O.D.		Working Pressure		Minimum Bend Radius		Weight		Hg Vacuum Rating		Parkrimp 43 Series	Field Attachable 30 Series
	inch	mm	inch	mm	psi	Mpa	inch	mm	lbs/ft	kg/m	Inches of Hg	kPa		
302-4	1/4	6,3	0.59	15,0	5800	40	4	100	0.26	0,39	28	95	•	•
302-5	5/16	8	0.65	16,6	5000	35	4-1/2	115	0.28	0,42	28	95	•	•
302-6	3/8	10	0.75	19,0	4750	33	5	130	0.37	0,55	28	95	•	•
302-8	1/2	12,5	0.88	22,3	4000	28	7	180	0.45	0,67	28	95	•	•
302-10	5/8	16	1.00	25,5	3600	25	8	200	0.52	0,77	28	95	•	•
302-12	3/4	19	1.16	29,4	3100	21,5	9-1/2	240	0.67	1,00	24	80	•	•
302-16	1	25	1.50	38,1	2400	16,5	12	300	1.00	1,49	24	80	•	•
302-20	1-1/4	31,5	1.86	47,1	1800	12,5	16-1/2	420	1.16	1,73	24	80	•	•
302-24	1-1/2	38	2.14	54,5	1300	9	20	500	1.44	2,14	24	80	•	•
302-32	2	51	2.64	67,2	1150	8	25	630	1.99	2,98	24	80	•	•

Application: Petroleum base hydraulic fluids and lubricating oils.

Inner Tube: Synthetic rubber.

Reinforcement: Two braids steel wire.

Cover: Synthetic rubber.

Temperature Range: -40°F to +212°F (-40°C to +100°C).

Fittings: 43 Series - pg. B-27.
30 Series - pg. B-167.

- Field Attachable Assembly Instructions are in Section B with each Fittings Series.
- See Section C for Parkrimp Assembly Instructions.
- Temperature Range of other media listed in Section E.

WARNING: This product can expose you to chemicals including Carbon Black, which is known to the State of California to cause cancer. For more information go to www.p65warnings.ca.gov.



CÓDIGO
MA0011

SAE 100 R2 AT/DIN-EN853 2SN

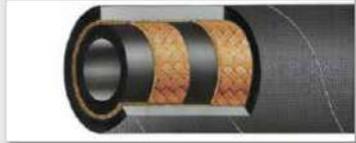
TUBO: Caucho sintético especial resistente a aceites hidráulicos, mineral y vegetal.

REFUERZO: 2 alambres de acero trenzado de alta resistencia.

COBERTURA: Caucho sintético especial, resistente a aceites, abrasivos e intemperie.

APLICACIÓN: Para media y alta presión, sistema hidráulico para industrias y agricultura.

TEMPERATURA: -40 a +100°C.



CÓDIGO	DIAM. INT.		PRESIÓN DE TRABAJO	
	PUL.	MM.	Lbs./Pulg. 2	Kgs./cm2
MA0011-0600	3/16"	5	6018	415
MA0011-0800	1/4"	6	5800	400
MA0011-1000	5/16"	8	5075	350
MA0011-1200	3/8"	10	4785	330
MA0011-1600	1/2"	13	3988	275
MA0011-2000	5/8"	16	3625	250
MA0011-2400	3/4"	19	3118	215
MA0011-3200	1"	25	2393	165
MA0011-4000	1 1/4"	32	1813	125
MA0011-4800	1 1/2"	38	1305	90
MA0011-5800	2"	51	1131	78
MA0011-6200	2 1/2"	63	1001	69
MA0011-6600	3"	76	725	50

fp flexpower / HIGH PERFORMANCE / flexpowergroup.com / SAE 100 R2 AT/DIN-EN 853 2SN 1/2" - DN13- WP 275 BAR / 3988 PSI

PROFIX
HOSES · BELTS · FITTINGS



TECHNICAL DATA SHEET

SAE 100 R2 AT DIN EN 853 2SN

CODIGO	DIAMETRO INTERNO		DIAMETRO EXTERNO	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO		PRESIÓN MÍNIMA DE RUPTURA		ROLLO		PESO	
	CODE	INTERNAL DIAMETER	EXTERNAL DIAMETER	MAXIMUM WORKING PRESSURE	BURST PRESSURE	BURST PRESSURE	BURST PRESSURE	ROLL	ROLL	KG/MTS	LB/PIE
	IN	MM	MM	PSI	BAR	PSI	BAR	MTS	PIE	KG/MTS	LB/PIE
R2-03	3/16	4,76	14,1	6.019	415,00	24.040	1.658	100	328,00	0,27	0,19
R2-04	1/4	6,35	15,7	5.800	399,90	23.200	1.600	100	328,00	0,34	0,24
R2-05	5/16	7,94	17,3	5.080	350,25	20.880	1.440	100	328,00	0,39	0,27
R2-06	3/8	9,53	19,7	4.800	330,95	19.200	1.324	100	328,00	0,49	0,34
R2-08	1/2	12,70	23	4.000	275,79	16.000	1.103	100	328,00	0,59	0,41
R2-10	5/8	16,88	26,2	3.630	250,28	14.520	1.001	50	196,80	0,71	0,49
R2-12	3/4	19,05	30,1	3.120	215,12	12.480	860	60	196,80	0,89	0,62
R2-16	1	25,40	38,9	2.400	165,47	9.600	662	60	196,80	1,37	0,95
R2-20	1 1/4	31,75	49,5	1.820	125,48	7.280	502	40	131,20	2,27	1,57
R2-24	1 1/2	38,10	55,9	1.305	89,98	5.200	359	40	131,20	2,44	1,69
R2-32	2	50,80	68,6	1.160	80,00	4.641	320	20	65,60	3,00	2,08

Aplicación: Transferencia de fluidos hidráulicos en alta presión. Sector petrolero, construcción, agricultura, industrias y automotriz.

Ventajas: Flexible, excede la norma.

Tubo: Mezcla de goma sintética, resistente al aceite y combustible.

Refuerzo: Una trenza de acero, altamente resistente.

Cubierta: Mezcla de goma sintética, resistente al aceite, abrasión e intemperie.

Color de Cubierta: Negro, con una franja de color verde.

Marca: PROFIX +PIR (R2) XX" ~ XX MM I.D. EXCEEDS SAE 100 R2AT ~ DIN EN 853 2SN ~ MSHA APPROVED ISO 1436 (MAX. W.P. XXXX PSI ~ XXX BAR) -40°C + 121°C +PIR.

Rango de Temperatura: Desde -40°C hasta +121°C.

Application: Transfer high pressure hydraulic fluids, oil sector, construction, agriculture, industry and automotive.

Advantage: Flexible, exceeds the standard.

Tube: Mixture of synthetic rubber, resistant to oil and fuel.

Reinforcement: Two braids of steel, highly resistant.

Cover: Blend of synthetic rubber, oil resistant, abrasion and weatherproof.

Cover Color: Black with a green strip.

Branding: PROFIX +PIR (R2) XX" ~ XX MM I.D. EXCEEDS SAE 100 R2AT ~ DIN EN 853 2SN ~ MSHA APPROVED ISO 1436 (MAX. W.P. XXXX PSI ~ XXX BAR) -40°C + 121°C +PIR.

Temperature range: -40°C to +121°C.

ANEXO C: FICHAS TÉCNICAS DE MANÓMETROS

Manómetro de Acero Inoxidable Relleno de Glicerina Manómetro de Acero Inoxidable Libre de Plomo Relleno de Glicerina

**PFQ,
PFQ-LF**



1. Brida en U opcional
2. Pestaña frontal opcional

Nota: La normativa ROHS es aplicable solamente a los interiores de acero inoxidable

Descripción & Características:

- Carcasa de acero inoxidable resistente a la vibración
- Relleno de glicerina
- Interiores de latón, latón libre de plomo o de acero inoxidable
- Orificio restrictor estándar en la escala dual
- Tapón de ventilación para carátulas de montaje inferior de 2.5" (63mm) y de 4" (100mm) (excluyendo la conexión SAE)
- Cierre repujado
- Escala única (psi) o dual (psi/kPa)/(psi/bar) disponible
- Brida en U y pestaña frontal opcional
- Carcasa en seco disponible
- Cumple con la normativa ASME B40.100. Normativa EN837-1 disponible para carátulas de 2" (50mm)
- Registrado en CRN
- 5 años de garantía

Aplicaciones:

- Ideal para bombas, compresores, prensas hidráulicas, maquinaria, equipamientos neumáticos y motores que operan bajo condiciones severas

Especificaciones	
Carátula	1.5" (40mm), 2" (50mm), 2.5" (63mm), 4" (100mm), de aluminio blanco con escritura en rojo y negro
Carcasa	Acero inoxidable 304
Lente	1.5" (40mm), 2" (50mm): Acrílico 2.5" (63mm), 4" (100mm): Policarbonato
Aro	Cierre repujado de acero inoxidable AISI 316
Zócalo	PFQ: Latón OT 58 o acero inoxidable AISI 316 PFQ-LF: Latón libre de plomo
Conexión	1/8", 1/4" o 1/2" NPT o 7/16-20 SAE estándar con orificio restrictor
Relleno	Glicerina
Tubo Bourdon	1.5" (40mm), 2" (50mm): Bronce fosforoso C o en forma de espiral para zócalo de latón Acero inoxidable C o en forma de espiral para zócalo de acero inoxidable 316 2.5" (63mm), 4" (100mm): Bronce fosforoso, bronce fosforoso libre de plomo C o en forma de espiral para zócalo de latón, Acero inoxidable AISI 316 o en forma de espiral para zócalo de acero inoxidable 316
Movimiento	Latón OT 58 o acero inoxidable
Aguja	Aluminio anodizado negro
Soldadura	Latón: aleación en plata; Acero inoxidable 316: TIG
Límite de Sobrepresión	25% para presión hasta 1,450 psi (9,998 kPa), 15% para presión de más de 1,450 psi (9,998 kPa)
Sello del Zócalo	Buna N para el zócalo interno de dos piezas
Tapón	Buna N
Sello del Lente	Goma de silicona
Presión operativa	75% de valor de escala
Temperatura/Ambiente de Procesos	Seco: -40°F hasta 200°F (-40°C to 93°C) Con glicerina: -4°F hasta 150°F (-20°C to 65°C)
Exactitud	1.5" (40mm), 2" (50mm): ±2.5% de fondo de escala 2.5" (63mm), 4" (100mm): ±1.5% de fondo de escala
Índice de Protección	IP65

Manómetro Frente Sólido

Elemento: Bourdon de Acero Inoxidable 316
 Conexión: Acero Inoxidable 316
 Caja: Acero inoxidable 304 tipo frente sólido

DE WIT

Modelo 1001 y 1003



✓ CARACTERÍSTICAS GENERALES

Exactitud:	± 0.63 mm +/- 1.6% del total de la escala ± 1.00 mm +/- 1% del total de la escala
Elemento:	Tubo bourdon de acero inoxidable AISI-316
Conexión:	Acero inoxidable AISI-316 1/2" N.P.T. inf.
Mecanismo:	Acero inoxidable AISI-304
Caja y Bisel:	Acero inoxidable 304
Ventana:	Cristal inastillable
Carátula:	Aluminio fondo blanco, números negros
Aguja:	Aluminio esmaltado negro con ajuste micrométrico (para tamaños 100 y 160 mm)
Tamaños:	± 63 mm (2 1/2"), ± 100 mm (4") y ± 160 mm (6")
Rangos:	Doble escala, kg/cm² + psi max. 1000 kg/cm²

✚ APLICACIONES

Gases o vapor a más de 25 kg/cm² de presión pueden representar un gran peligro en caso de ruptura en el bourdon del manómetro usado para su indicación. Para minimizar este peligro los manómetros utilizados para esta aplicación deberán tener caja con frente sólido, que es una pared entre el tubo bourdon y la carátula, cristal inastillable y un dispositivo de desfogue para que en caso de explosión o fractura del bourdon la presión sea liberada por la parte trasera del manómetro.

Aunque no necesariamente exista gran riesgo en el uso de manómetros para indicar la presión de gas o vapor a menos de 25 kg/cm² se deberá considerar el tipo de gas, posibles contaminantes y las condiciones de instalación, para en su caso ordenar un manómetro de frente sólido.

OPCIONES

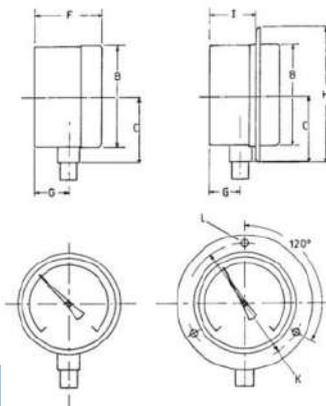
- Escalas en bar, kpa, etc.
- Conexiones 1/4", 3/8" y 1/2" N.P.T. o B.S.P.
- Elemento y conexión de monel
- Limpieza para uso de oxígeno

✚ COMO ORDENAR

Cantidad	Modelo	Tamaño (mm)	Rango	Conexión	Opciones
Ejem. 10 pzas.	1001	100	250 kg/cm²	1/2" N.P.T.	Limpieza oxígeno

Rangos Estándar

PRESIÓN		COMPUESTO	
kg/cm² DIN	PSI ANSI	Cm Hg/kg/cm² DIN	Cm Hg/kg/cm² ANSI
0-1	0-1.4	0-1	0-1.5
0-2.5	0-35	0-2	0-30
0-4	0-55	0-4	0-60
0-6	0-85	0-7	0-100
0-10	0-140	0-11	0-150
0-16	0-220	0-14	0-200
0-25	0-350	0-21	0-300
0-40	0-550	0-28	0-400
0-60	0-850	0-35	0-500
0-100	0-1400	0-42	0-600
0-160	0-2200	0-56	0-800
0-250	0-3500	0-70	0-1000
0-400	0-5500	0-105	0-1500
0-600	0-8500	0-140	0-2000
0-1000	0-14000	0-210	0-3000
		0-280	0-4000
		0-350	0-5000
		0-500	0-8000
		0-700	0-10000
		0-1000	0-15000
VACÍO			
		Cm/Hg 76-0	Pulg./HG 30-0
RECEPTORES SEÑAL 3-15 PSI.			
0 - 10 ✓ 0 - 100 %			



Dimensiones en mm.

Métrico	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	P.C.D.
DIAL SIZE													
63 mm	43	54	44	20.5	35	42	11.5	85		3.8			
100 mm	65.5	101.5	71	24	131	62.5	22	132	44.1	4.2	115	4.8	108
160 mm	65	151	101	28	195	65	27	195	45.5	6.0	178	5.8	168

FICHA TECNICA

MANOMETRO AXIAL de ACERO INOX, con glicerina



APLICACIÓN

Manómetro diseñado para usos generales para indicar la presión de fluidos no corrosivos al bronce, como aire, agua, aceite, etc., en aplicaciones como bombas, calderas, compresores, entre otras. Manómetro lleno de glicerina con caja de acero inoxidable diseñado para ser instalado en ambientes donde existan agentes corrosivos, gran cantidad de polvo, vibración excesiva, pulsaciones, etc.

ESPECIFICACIONES

Marca	: AST	Elemento	: Tubo bourdon de bronce
Conexión	: 1/4" NPT (Bronce)	Mecanismo	: Bronce
Líquido	: Con glicerina	Ventana / Mirilla	: Acrílico
Procedencia	: China	Rangos	: Doble escala: bar / psi
Carátula	: Aluminio fondo blanco, nros. color negro y rojo.	Caja y bisel	: Acero inoxidable 304
Exactitud	: +/- 3% del total de la escala	Puntero / Aguja	: Aluminio esmaltado negro

AST® Código	Rango	Rango (Bar)	Caja
		Máx	und
830.003.0015	De 0 – 15 psi	1.0	100
830.003.0030	De 0 – 30 psi	2.1	100
830.003.0060	De 0 – 60 psi	4.1	100
830.003.0100	De 0 – 100 psi	6.9	100
830.003.0160	De 0 – 150 psi	11.0	100
830.003.0200	De 0 – 200 psi	13.8	100
830.003.0300	De 0 – 300 psi	20.7	100
830.003.0600	De 0 – 600 psi	41.4	100
830.003.1000	De 0 – 1000 psi	69.0	100
830.003.2000	De 0 – 2000 psi	137.9	100
830.003.3000	De 0 – 3000 psi	206.9	100
830.003.5000	De 0 – 5000 psi	344.8	100
830.003.9999	De 0 – 10000 psi	689.6	100

ANEXO D: MANUAL DE OPERACIÓN



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA - CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

MANUAL DE OPERACIÓN PARA UN BRAZO HIDRÁULICO EN UN BANCO DE PRUEBAS

Nota: Este manual está diseñado para proporcionar instrucciones básicas de operación y seguridad. Antes de utilizar el brazo hidráulico, es esencial que los operadores reciban una formación adecuada y sigan las normativas y procedimientos de seguridad aplicables.

Introducción:

El brazo hidráulico en este banco de pruebas es una herramienta potente diseñada para realizar diversas tareas de excavación y manipulación. Este manual proporciona instrucciones sobre cómo operar el brazo hidráulico de manera segura y eficiente.

1. Controles:

Familiarícese con los controles del brazo hidráulico antes de operar la máquina.

Los controles incluyen palancas que controlan la elevación, extensión y rotación del brazo.

Si tu mueves la palanca que se muestra en la Ilustración 1 hacia atrás o hacia adelante podrás accionar el cilindro de elevación del Brazo, y si mueves la palanca hacia la izquierda o derecha podrás accionar el cilindro de extensión del Brazo.



Ilustración 1: Palanca de elevación y extensión
Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

Realizado por: Bryan Tixe, Carlos Collaguazo



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA - CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Si tu accionas la palanca que se muestra en la ilustración 2 hacia adelante o hacia atrás podrás mover el cilindro del cucharón o cilindro de excavación, y si mueves la palanca de izquierda a derecha podrás realizar el giro del banco de pruebas.



Ilustración 2: Palanca de excavación y

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

Si tu accionas el pedal que se encuentra en la ilustración 3 podrás accionar el cilindro de movimiento horizontal del brazo hidráulico ya sea hacia la izquierda o hacia la derecha.



Ilustración 1-1: Pedal de giro horizontal del brazo

Fuente: Collaguazo y Tixe, 2024

Realizado por: Bryan Tixe, Carlos Collaguazo



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA - CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

2. Arranque de la Máquina:

Asegúrese de que el área circundante esté despejada antes de arrancar la máquina.

Siga los procedimientos de arranque y apagado del motor según las especificaciones del fabricante.

3. Operación del Brazo Hidráulico:

Utilice las palancas de control para elevar, descender, extender y retraer el brazo según sea necesario.

Sea gradual y preciso en los movimientos para evitar movimientos bruscos.

4. Manipulación de Cargas:

Antes de levantar o manipular cargas, asegúrese de conocer el límite de carga del brazo hidráulico.

Distribuya uniformemente la carga y evite levantar cargas que excedan las capacidades especificadas.

5. Rotación del Brazo:

Si el brazo hidráulico tiene capacidad de rotación, utilice los controles correspondientes para girar el brazo de manera segura.

Sea consciente de la ubicación de personas y obstáculos al realizar movimientos de rotación.

6. Seguridad:

Mantenga a las personas alejadas del área de operación y asegúrese de que todos estén conscientes de la actividad en curso.

7. Mantenimiento:

Realice inspecciones diarias antes de operar la miniexcavadora para detectar posibles problemas.

Siga el programa de mantenimiento recomendado por el fabricante para garantizar el rendimiento óptimo del brazo hidráulico.

Realizado por: Bryan Tixe, Carlos Collaguazo



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA - CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

8. Emergencias:

En caso de emergencia, apague inmediatamente el motor y siga los procedimientos de seguridad establecidos.

Tenga acceso a los equipos de primeros auxilios y extinción de incendios en todo momento.

9. Apagado de la Máquina:

Apague el motor de la miniexcavadora siguiendo los procedimientos establecidos.

Asegúrese de que el brazo hidráulico esté en una posición segura antes de apagar la máquina.

Por último, despresurice la máquina.

Advertencias:

Este manual no reemplaza la capacitación adecuada. Todos los operadores deben recibir formación específica sobre el equipo antes de su uso.

Cumpla con todas las normativas y regulaciones locales de seguridad.



Realizado por: Bryan Tixe, Carlos Collaguazo

ANEXO E: HOJA DE INSPECCIÓN



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA - CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

HOJA DE INSPECCIÓN PARA CILINDROS HIDRÁULICOS Y MANGUERAS DE UN BRAZO HIDRÁULICO

Información de la Máquina:

Modelo:

Fecha de Inspección:

Inspector:

Nombre:

Firma:

Inspección de Cilindros Hidráulicos:

Estado General del Cilindro:

- Sin Fugas
- Sin Daños Visibles
- Sin Corrosión Excesiva

Movimiento del Cilindro:

- Suave y Uniforme
- Sin Obstrucciones o Ruidos Anormales
- Sin Pérdida de Funcionalidad

Acumuladores de Presión (si aplicable):

- Presión Adecuada
- Sin Pérdidas de Presión
- Sin Daños en los Acumuladores

Juntas y Sellos:

- Sin Fugas
- Sin Desgastes Excesivos
- Flexibles y en Buen Estado

Inspección de Mangueras Hidráulicas:

Estado General de las Mangueras:

- Sin Fugas
- Sin Cortes o Abolladuras
- Sin Desgaste Excesivo en Conexiones

Conexiones y Empalmes:

- Ajustados y Seguros
- Sin Pérdidas de Presión
- Sin Signos de Degradación en Empaques

Realizado por: Bryan Tixe, Carlos Collaguazo



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA - CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Presión y Flujo:

- Presión Nominal Dentro de Rangos Establecidos
- Flujo Uniforme y Continuo
- Sin Pérdidas de Presión en Mangueras

Observaciones y Notas Adicionales:

.....
.....
.....

Acciones Correctivas (si es necesario):

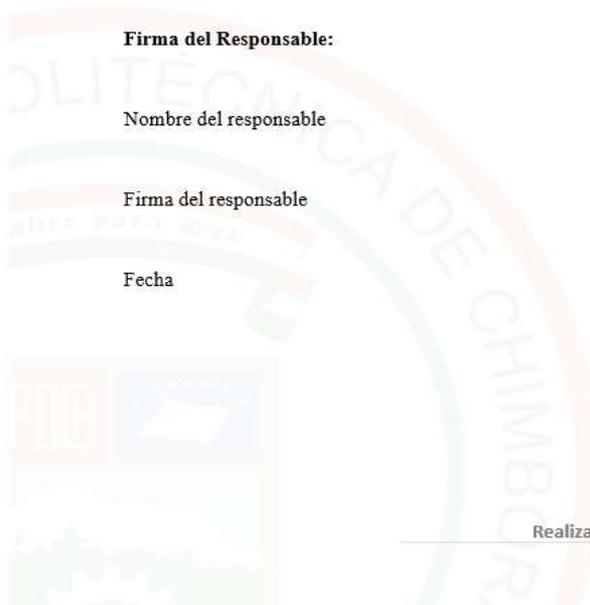
.....
.....
.....

Firma del Responsable:

Nombre del responsable

Firma del responsable

Fecha



Realizado por: Bryan Tixe, Carlos Collaguazo

ANEXO F: GUÍA DE PRÁCTICA



**Escuela Superior
Politécnica de Chimborazo**

FACULTAD: MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIOS,
TALLERES Y CENTROS DE SIMULACIÓN**

ASIGNATURA: MAQUINARIA PESADA

CÓDIGO ASIGNATURA: AUTIP48

PARALELO:

AMBIENTE DE APRENDIZAJE PRACTICO:

***Laboratorio de Sistema Oleohidráulicos y Neumáticos**

OCTUBRE 2023 – MARZO 2024

ELABORADO POR:

CARLOS COLLAGUAZO

BRYAN TIXE

PRÁCTICA No. 1

BRAZO HIDRAÚLICO

COMPONENTES, FUNCIONAMIENTO Y PLANO HIDRAÚLICO

FECHA: 2024-02-16

AMBIENTE DE APRENDISAJE PRÁCTICO

Laboratorio de Sistemas Oleohidráulicos y Neumáticos

1. OBJETIVO

Proporcionar a los estudiantes una comprensión integral de los principios fundamentales de la hidráulica, así como desarrollar habilidades en la operación de un brazo hidráulico. Se busca que los estudiantes adquieran conocimientos detallados sobre los componentes clave, comprendan el funcionamiento del sistema hidráulico, interpreten y elaboren planos hidráulicos, y apliquen medidas de seguridad adecuadas. Al finalizar la práctica, los participantes estarán capacitados para analizar, diseñar y trabajar con sistemas hidráulicos de manera efectiva, promoviendo así su formación integral en el ámbito de la ingeniería y la tecnología.

2. INSTRUCCIONES

Realizar practicas mediante un brazo hidráulico requiere seguir una serie de pasos, además de una comprensión apropiada sobre la terminología y simbología utilizada en sus planos. A continuación, te proporcionamos las instrucciones básicas para trabajar con un brazo hidráulico.

Revisión bibliográfica: Antes de iniciar con la practica revisa algunos manuales de operador de brazos hidráulicos que puedan ayudarte a comprender la ubicación y función de los componentes del brazo hidráulico.

Seguridad: Identifica y destaca los puntos clave de seguridad y operación que se deben seguir durante la práctica.

Identificación de componentes: Inspecciona el banco de pruebas e identifica los componentes principales del brazo hidráulico como cilindros, mangueras, válvulas y controles, comprende la función de cada componente y como contribuyen al movimiento y operación del brazo.

Análisis del plano hidráulico: Estudia el plano hidráulico proporcionado para el brazo. Identifica las conexiones de las válvulas, cilindros y describe cómo la manipulación de las válvulas controla el flujo de aceite y, por ende, el movimiento del brazo.

Simbología: Familiarízate con los símbolos utilizados para representar los componentes presentes en el brazo hidráulico. Entre los símbolos más importantes que debes conocer están: bomba hidráulica, cilindro hidráulico y válvulas.

Identificación de líneas: Con la ayuda del plano hidráulico identifica las líneas de alta y baja presión presentes en el brazo hidráulico, esto también te permitirá identificar las entradas y retornos en las conexiones de los cilindros hidráulicos.

Obtención de datos: Con ayuda del sistema de medición implementado en el brazo hidráulico identifica y analiza las caídas de presión en las cañerías, durante la operación del brazo.

Operación básica del brazo hidráulico: Familiarízate con los controles del banco de pruebas que operan el brazo hidráulico, realiza movimientos básicos como elevación, descenso, extensión y retracción del brazo, así como la apertura y cierre del cucharón.

Simulación de tareas prácticas: Realiza la excavación de agujero o el movimiento de objetos. Experimenta velocidades y precisiones de los controles para observar como afectan al rendimiento del brazo hidráulico.

Resolución de problemas: Introduce situaciones de mal funcionamiento y guía a los participantes para solucionar problemas comunes relacionados con el sistema hidráulico. Discute la importancia del mantenimiento preventivo y la identificación temprana de problemas.

La manipulación de un brazo hidráulico puede requerir tiempo y práctica para adquirir un dominio adecuado. Es imprescindible tener conceptos sólidos de hidráulica y estar completamente familiarizados con la simbología y terminología utilizada en la industria para desarrollar esta práctica de forma adecuada y eficiente.

3. PROCEDIMIENTO

- Observación, reconocimiento, manejo de instrumentos y equipos
- Toma y recolección de datos
- Ordenamiento y procesamiento de datos
- Cálculos y resultados
- Análisis de resultados
- Observaciones

4. RESULTADOS

Comprensión teórica: Familiaridad con la teoría detrás del funcionamiento de sistemas hidráulicos permite que los estudiantes fortalezcan los conocimientos de los componentes clave de un brazo hidráulico y su función.

Habilidades operativas: Los estudiantes adquieren habilidades en la manipulación precisa de los controles del brazo hidráulico y capacidad para realizar movimientos individuales y combinados, como elevación, descenso, extensión, retracción, apertura y cierre del implemento

Conocimientos sobre seguridad: Permite que los estudiantes identifiquen las medidas de seguridad necesarias al operar maquinaria pesada, además de que puedan adoptar prácticas seguras, como la verificación del entorno de trabajo y el uso adecuado del equipo de protección personal.

Resolución de problemas: La habilidad para identificar y solucionar problemas comunes relacionados con el sistema hidráulico permite a los estudiantes una comprensión de las posibles fallas y la capacidad para tomar medidas correctivas.

Colaboración y comunicación: Los estudiantes tienen una participación activa en actividades de grupo que involucran la coordinación de movimientos entre diferentes operadores además les ayuda a mantener una comunicación efectiva con otros miembros del equipo para lograr objetivos comunes.

Investigación y desarrollo: El conocimiento sobre planos hidráulicos relacionados a maquinaria pesada es sumamente útil en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con sistemas hidráulicos, de esta manera los estudiantes podrán contribuir a la innovación en esta área.

Preparación para la industria: La habilidad para operar un brazo hidráulico es altamente valorada en la industria de la construcción y otros campos relacionados con maquinaria pesada, es por esta razón que los estudiantes podrán estar mejor preparados para ingresar al mercado laboral.

Al combinar estos resultados, los estudiantes pueden obtener una comprensión integral de la operación de un brazo hidráulico, desde los conceptos teóricos hasta la aplicación práctica en situaciones del mundo real. Estos resultados son esenciales para la formación efectiva y la mejora continua de las habilidades de los estudiantes.

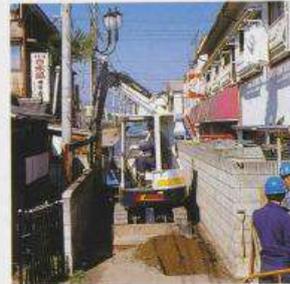
5. CONCLUSIONES

- Las que considere el estudiante a partir de los resultados

6. RECOMENDACIONES

- Las que considere el estudiante a partir de los resultados

ANEXO G: FICHA TÉCNICA MAQUINA KOMATSU PC28UU-1



Minimum swing radius and wide boom offset mechanism

Minimum swing radius of 0.79 m (2'7") for the PC28UU, and 0.99 m (3'3") for the PC50UU allow a wide range of work in narrow urban sites. This means that the PC28UU/PC50UU perform efficient digging/loading work in confined spaces, even in alleys only 1.6 m (5'3") wide for PC28UU or 2.0 m (6'6") wide for PC50UU.

And with their wide boom offset ranges, the PC28UU/PC50UU show their muscle in side digging adjacent to walls. They have parallel-linkage-type boom offset mechanisms for side digging in extra-tight quarters without swinging the upper structure, so the operator can concentrate on the work

in front without worrying about the back end hitting walls, poles, etc. The PC28UU has a boom offset of 540 mm (1'9") to either side, while the PC50UU can be offset 740 mm (2'5") to the left, or 810 mm (2'8") to the right, assuring the most efficient side digging near walls.

Large working range and powerful digging force

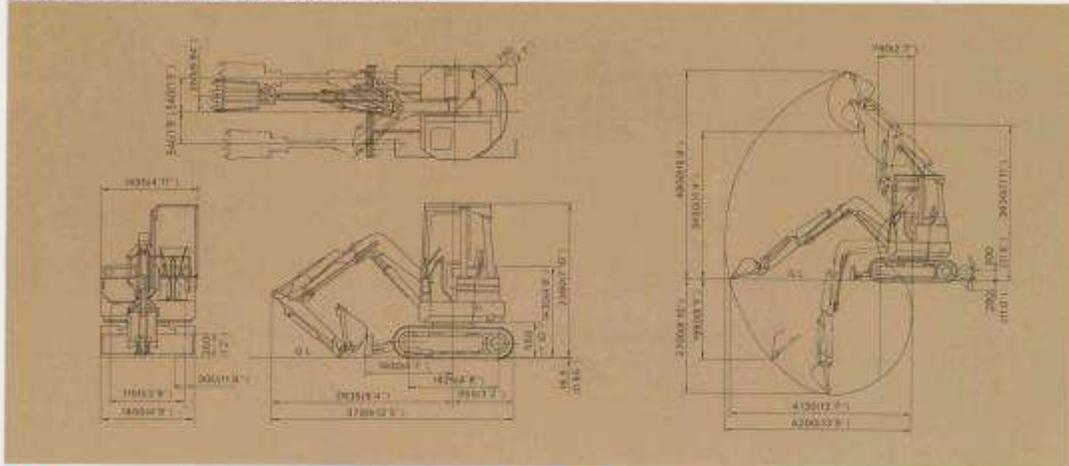
Since the PC28UU/PC50UU have wide working ranges (PC28UU: maximum digging depth 2700 mm [8'10"]; PC50UU: maximum digging depth 3800 mm [12'6"]), they can reach farther with their buckets to increase digging/loading efficiency. With tenacious Komatsu diesel engines, they

boast bucket digging forces of 2140 kg (4,720 lb) for the PC28UU, and 3500 kg (7,720 lb) for the PC50UU, which means efficient excavating even in hard terrain. And their large bucket capacities further increase productivity. They also feature large blades with reinforced cutting edge for smooth refilling and leveling.

Unique low-noise design

Designed to minimize noise, the PC28UU/PC50UU incorporate noise absorbing materials, a machine cab and suction fan. This means that the PC28UU/PC50UU can efficiently perform any job without disturbing their surroundings, even at night in housing areas.

PC28UU-1 SPECIFICATIONS



ENGINE

Komatsu 3D78-1D 4-cycle, water-cooled, overhead-valve diesel engine. 3 cylinders 78 mm (3.07") bore x 86 mm (3.39") stroke and 1.232 ltr. (75 cu. in.) piston displacement.
 Flywheel horsepower: 22.7 HP (16.7 kW) at 2500 RPM (SAE J1349)
 23 PS (16.7 kW) at 2500 RPM (DIN 6270 NET)

HYDRAULIC SYSTEM

• **Hydraulic pumps**
 Tandem gear pumps power the boom, arm, bucket, travel, swing, blade and boom offset circuits.
 Capacity (discharge flow) at engine 2500 RPM

Travel 23 ltr. (6.1 U.S. gall./min) x 2
 Swing 20 ltr. (5.3 U.S. gall./min) x 1

• Hydraulic motors

Travel Two axial-piston motors.
 Swing One axial-piston motor.

• Relief valve setting

Implement circuits 200 kg/cm² (2,840 PSI/19.6 MPa)
 Travel circuits 200 kg/cm² (2,840 PSI/19.6 MPa)
 Swing circuits 120 kg/cm² (1,710 PSI/11.8 MPa)

STEERING

Steering/traveling controls are activated by hand levers.

DRIVES

Full hydrostatic type. Each track is independently driven by an axial-piston motor.

Max. drawbar pull 2000 kg (4,480 lb/19.9 kN)
 Max. travel speed 2.0 km/h (1.2 MPH)
 Gradeability 30°

BRAKES

Hydraulic lock-type travel motors. When travel/steering levers are positioned in neutral, brakes automatically lock.

SWING SYSTEM

Hydraulic motor driven. Pinlock-type swing lock is provided. Swing speed is proportional to swing control lever stroke.

Swing speed 9.5 RPM
 Tail swing radius 790 mm (2'7")
 Min. swing radius 790 mm (2'7")
 (work equipment, fully retracted)
 Boom offset distance: Left 540 mm (1'9")
 Right 540 mm (1'9")

BLADE

Welded, unitized construction of blade and frame.

Blade width x height 1498 mm (4'9") x 350 mm (1'2")
 Max. lift above ground 300 mm (1')
 Max. drop below ground 280 mm (11")

UNDERCARRIAGE

Hydraulic track adjusters with shock absorbing springs. Welded track-type tractor shoes with double grousers.

Shoe width 300 mm (1')
 Grouser height 16.5 mm (0.6")
 Number of shoes 40 each side
 Number of track rollers 3 each side
 Ground pressure 0.3 kg/cm² (4.3 PSI/29.5 kPa)

COOLANT & LUBRICANT CAPACITY (refilling)

	Liter	U.S. gallon
Fuel tank	32	8.5
Radiator	3.7	1.0
Engine	4.7	1.2
Final drive, each side	0.8	0.2
Swing drive	0.7	0.2
Hydraulic tank	38	10.0

OPERATING WEIGHT (approximate)

Operating weight including boom, arm, SAE heaped 0.09 m³ (0.12 cu.yd) backhoe bucket, lubricant, coolant, full fuel tank, standard equipment, operator and canopy (optional).....2980 kg (6,570 lb)

WORKING RANGE

	with 1150 mm (3'9") arm
Max. digging height	4900 mm (15'9")
Max. dumping height	3450 mm (11'4")
Max. digging depth	2700 mm (8'10")
Max. vertical wall digging depth	1950 mm (6'5")
Max. digging reach at ground level	4130 mm (13'7")
Max. digging reach	4200 mm (13'9")
Min. swing radius	790 mm (2'7")
Min. swing height	3630 mm (11'11")
Tail swing radius	790 mm (2'7")
Bucket digging force	2140 kg (4,720 lb)
Arm crowd force	1420 kg (3,130 lb)