



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA
SEMIAUTOMATICO PARA EL ACCIONAMIENTO DE UNA
PRENSA HIDRAULICA A FIN DE REALIZAR ENSAYOS DE
DOBLADO EN JUNTAS SOLDADAS.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

EDWIN MARIANO QUINGA BALLADARES

CRISTIAN ORLANDO REAL REINOSO

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA
SEMIAUTOMATICO PARA EL ACCIONAMIENTO DE UNA
PRENSA HIDRAULICA A FIN DE REALIZAR ENSAYOS DE
DOBLADO EN JUNTAS SOLDADAS.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: EDWIN MARIANO QUINGA BALLADARES

CRISTIAN ORLANDO REAL REINOSO

DIRECTOR: ING. LUIS SANTIAGO CHOTO CHARIGUAMAN

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Edwin Mariano Quinga Balladares & Cristian Orlando Real Reinoso

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

Nosotros, Edwin Mariano Quinga Balladares y Cristian Orlando Real Reinoso, 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, 21 de junio de 2023



Edwin Mariano Quinga Balladares
180514060-3



Cristian Orlando Real Reinoso
180437976-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO PARA EL ACCIONAMIENTO DE UNA PRENSA HIDRAULICA A FIN DE REALIZAR ENSAYOS DE DOBLADO EN JUNTAS SOLDADAS.**”, realizado por los señores: **EDWIN MARIANO QUINGA BALLADARES Y CRISTIAN ORLANDO REAL REINOSO**, 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. Edwin Fernando Viteri Núñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-21
Ing. Luis Santiago Choto Chariguaman DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-21
Ing. Santiago Alejandro López Ortíz ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-21

DEDICATORIA

A mi querida madre, que con su apoyo y sus palabras de aliento han sido mi mayor fortaleza a lo largo de esta travesía, a mi dulce abuelita, quien siempre ha estado apoyándome incondicionalmente en cada paso que he dado, a mi padrastro y hermanos por incentivarlos a no rendirme en este largo viaje. A mis amigos que hicieron de esta etapa una de las mejores experiencias de mi vida. Que esta dedicatoria sea un pequeño gesto de mi gratitud hacia aquellos que han dejado una huella imborrable en mi vida. Sin su amor, apoyo y amistad, este logro no sería posible. Estoy profundamente agradecido y espero que esta tesis les llene de orgullo tanto como a mí.

Cristian

Dedico esta tesis con un profundo amor y gratitud a mi amada mamá, mis queridas hermanas mayores y mis entrañables amigos. Su presencia incondicional ha sido mi fuerza, inspiración y refugio a lo largo de este camino académico. Mamá, tu amor incondicional ha sido mi motor para superar obstáculos y alcanzar mis metas. Hermanas, su guía y ejemplo han dejado una huella imborrable en mi vida. Amigos, su amistad y apoyo constante han sido un bálsamo en los momentos de duda. Este logro es también de ustedes, y dedico esta tesis con gratitud y amor hacia cada uno. Juntos hemos compartido risas, lágrimas y triunfos, y siempre llevaré su espíritu en mi corazón. ¡Gracias por ser mi fuente de fortaleza y por celebrar este logro conmigo!

Edwin

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis y completar mi formación académica. Su compromiso con la excelencia educativa ha sido fundamental en mi desarrollo como profesional. Asimismo, quiero extender mi gratitud a la Facultad de Mecánica por su apoyo constante y por proporcionarme los recursos necesarios para llevar a cabo mi investigación. Los conocimientos adquiridos y las experiencias vividas durante mi tiempo en la facultad han dejado una huella imborrable en mi carrera. No puedo dejar de mencionar a todos los profesores de la carrera de Mecánica, cuya dedicación y sabiduría han sido invaluableles en mi proceso de aprendizaje. Sus enseñanzas y orientación me han ayudado a expandir mis horizontes y a adquirir las habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del campo de la mecánica. Un agradecimiento especial va dirigido a mis tutores, quienes me han brindado su guía, paciencia y valiosos comentarios a lo largo de mi tesis. Su apoyo constante y su compromiso con mi éxito académico han sido fundamentales para culminar este proyecto. Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a nuestras familias por su inquebrantable apoyo emocional y su comprensión durante todo este proceso. Sus palabras de aliento y su amor incondicional han sido un motor para mantenerme motivado y superar cualquier obstáculo que se presentara en el camino. Este logro no habría sido posible sin el respaldo y el esfuerzo conjunto de todas estas personas e instituciones. Les estoy sinceramente agradecido por su contribución a mi formación y desarrollo como profesional. Sus influencias positivas perdurarán a lo largo de mi carrera y siempre serán recordadas con gratitud. Nuevamente, gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica, a mis profesores, a mis tutores y a nuestras familias. Este logro es el resultado de nuestro trabajo en equipo y estoy profundamente agradecido por el apoyo y la confianza que han depositado en nosotros.

Edwin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes.....	2
1.2.	Delimitación del Problema.....	3
1.2.1.	<i>Delimitación espacial</i>	3
1.2.2.	<i>Delimitación sectorial</i>	4
1.3.	Formulación del problema.....	4
1.4.	Justificación.....	4
1.5.	Alcance.....	5
1.6.	Objetivos.....	5
1.6.1.	<i>Objetivo general</i>	5
1.6.2.	<i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.	Prensa hidráulica.....	7
2.1.1.	<i>Evolución de las Prensas</i>	8
2.1.2.	<i>Tipos de Prensa</i>	9
2.1.2.1.	<i>Prensa tipo H</i>	10
2.1.2.2.	<i>Prensa Tipo C</i>	10
2.1.2.3.	<i>Prensas de tipo pilar</i>	10
2.1.3.	<i>Partes de una prensa hidráulica</i>	10
2.1.4.	<i>Principio de pascal</i>	11
2.1.5.	<i>Fuerza de doblado</i>	12
2.1.6.	<i>La bomba</i>	12

2.1.6.1.	<i>Clasificación de bombas hidráulicas</i>	13
2.1.7.	Motor Eléctrico	15
2.1.7.1.	<i>Partes de un Motor Eléctrico</i>	17
2.1.7.2.	<i>Clasificación de los motores eléctricos.</i>	18
2.1.8.	Actuadores o Cilindros hidráulicos	19
2.1.9.	Fluidos hidráulicos	20
2.1.10.	Conductos o tuberías de comunicación	21
2.1.11.	Filtros	22
2.1.12.	Juntas y sellos hidráulicos	23
2.1.13.	Tanques o depósitos	24
2.1.13.1.	<i>Factores para el diseño de tanques</i>	25
2.1.13.2.	<i>Capacidad y Tamaño del tanque</i>	26
2.2.	Sistemas de Control	26
2.2.1.	Válvulas reguladoras	26
2.2.1.1.	<i>Tipos de Válvulas reguladoras</i>	27
2.2.2.	Válvulas de control direccional	28
2.2.3.	Manómetro	29
2.3.	Soldadura	30
2.3.1.	<i>Equipos y circuito fundamental del proceso de soldadura</i>	31
2.3.2.	<i>Tipo de juntas soldadas.</i>	32
2.3.3.	<i>Proceso de soldadura SMAW.</i>	33
2.3.4.	<i>Material base</i>	34
2.3.5.	<i>Material de aporte</i>	35
2.3.6.	<i>Posiciones de soldadura</i>	37
2.4.	Ensayo en juntas soldadura	37
2.4.1.	Ensayos no destructivos	38
2.4.1.1.	<i>Líquidos penetrantes</i>	38
2.4.1.2.	<i>Radiografía</i>	38
2.4.1.3.	<i>Partículas magnéticas</i>	38
2.4.1.4.	<i>Inspección visual</i>	38
2.4.2.	Ensayos destructivos	39
2.4.2.1.	<i>Ensayo de tracción</i>	39
2.4.2.2.	<i>Ensayo de impacto</i>	40
2.4.2.3.	<i>Ensayo de doblado</i>	40
2.5.	Especificaciones para el ensayo de doblado	40
2.5.1.	<i>Ensayo de dobléz guiado según la norma ASTM E-190-92</i>	41

2.5.1.1.	<i>Descripción del ensayo</i>	41
2.5.1.2.	<i>Dimensiones de equipos y probetas para el ensayo</i>	42
2.5.1.3.	<i>Probetas según ASTM E190</i>	43
2.5.1.4.	<i>Interpretación de resultados</i>	43
2.5.2.	<i>Ensayo de dobléz guiado según la norma AWS B4.0</i>	43
2.5.2.1.	<i>Descripción del ensayo</i>	44
2.5.2.2.	<i>Dimensiones de los equipos según la AWS</i>	44
2.5.2.3.	<i>Dimensiones de las probetas según la AWS B4.0</i>	45
2.5.3.	<i>Criterios de aceptación de la soldadura y de la WPS</i>	47
2.5.4.	<i>Criterio de aceptación para ensayos de doblado</i>	47

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	49
3.1.	Metodología VDI	49
3.1.1.	<i>Comprensión de la solicitud-lista de exigencias</i>	49
3.1.2.	<i>Estructura de funciones</i>	51
3.1.3.	<i>Determinación de la estructura de funciones</i>	52
3.1.4.	<i>Secuencia de operaciones</i>	52
3.1.4.1.	<i>Posicionamiento de la probeta en la matriz de doblado</i>	53
3.1.4.2.	<i>Alimentación del sistema bomba-motor</i>	53
3.1.4.3.	<i>Control de la válvula direccional</i>	53
3.1.4.4.	<i>Control de sobrepresión</i>	53
3.1.4.5.	<i>Doblado de la junta soldada</i>	53
3.1.5.	<i>Matriz morfológica</i>	54
3.1.6.	<i>Concepto de soluciones</i>	55
3.1.6.1.	<i>Alternativa 1. Sistema hidráulico de simple efecto</i>	55
3.1.6.2.	<i>Alternativa 2. Sistema hidráulico de doble efecto</i>	56
3.1.6.3.	<i>Alternativa 3 Sistema hidráulico de accionamiento manual</i>	57
3.1.7.	<i>Evaluación técnica económica de las soluciones</i>	57
3.1.8.	<i>Descripción de la solución óptima</i>	59
3.1.9.	<i>Ventajas y desventajas de la solución óptima</i>	60
3.2.	Diseño a detalle de la solución	61
3.2.1.	<i>Detalles de la prensa hidráulica</i>	61
3.2.2.	<i>Fuerza requerida</i>	62
3.2.3.	<i>Selección del motor</i>	64

3.2.4.	<i>Selección de la bomba</i>	67
3.2.5.	<i>Selección acople bomba-motor</i>	69
3.2.6.	<i>Construcción de la base para la bomba y motor</i>	69
3.2.7.	<i>Selección de la válvula direccional</i>	70
3.2.8.	<i>Selección de aceite hidráulico</i>	71
3.2.9.	<i>Diseño y construcción del depósito de aceite</i>	72
3.2.10.	<i>Selección de mangueras y acoples hidráulicos</i>	73
3.2.11.	<i>Selección del manómetro</i>	77
3.2.12.	<i>Selección de los filtros</i>	78
3.2.13.	<i>Selección de la botonera</i>	80
3.2.14.	<i>Selección del cilindro hidráulico</i>	80
3.2.14.1.	<i>Fuerza máxima proporcionada por el cilindro hidráulico</i>	81
3.2.14.2.	<i>Velocidad de avance del vástago</i>	82
3.2.15.	<i>Construcción de accesorios para el ensayo de doblado</i>	82
3.2.16.	<i>Ensamble total del sistema</i>	83
3.3.	Análisis de elementos finitos	88
3.3.1.	<i>Identificación de las propiedades de los materiales</i>	88
3.3.2.	<i>Designación de la geometría</i>	89
3.3.3.	<i>Creación del mallado</i>	89
3.3.4.	<i>Asignación de cargas y apoyos</i>	90
3.3.5.	<i>Resultados de la simulación</i>	91
3.3.5.1.	<i>Caso 1</i>	91
3.3.5.2.	<i>Caso 2</i>	92
3.3.5.3.	<i>Caso 3</i>	93
3.3.6.	<i>Comparación de resultados</i>	93

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	95
4.1.	Pruebas de funcionamiento del sistema implementado	95
4.1.1.	<i>Prueba de estanqueidad</i>	96
4.1.2.	<i>Comparación entre el estado actual y pasado de la prensa hidráulica</i>	96
4.2.	Construcción de las juntas soldadas para pruebas de doblado	98
4.2.1.	<i>Preparación del material base</i>	98
4.2.2.	<i>Selección del metal de aporte</i>	101
4.2.3.	<i>Apuntalado</i>	101

4.2.4.	<i>Proceso de soldadura de las juntas</i>	102
4.2.5.	<i>Inspección visual de la soldadura</i>	105
4.2.5.1.	<i>Calibrador de soldadura AWS</i>	105
4.2.5.2.	<i>Comprobador de soldadura AWS</i>	105
4.2.5.3.	<i>Calibrador pie de rey</i>	106
4.2.6.	<i>Corte y estandarización de las probetas</i>	106
4.2.7.	<i>Prueba de doblado</i>	107
4.2.8.	<i>Inspección visual de la probeta doblada</i>	109
4.3.	Comprobación de parámetros de funcionamiento	110
4.3.1.	<i>Presión y caudal máximo</i>	110
4.4.	Análisis de costos	111
4.4.1.	<i>Costo de materia prima(aceros)</i>	111
4.4.2.	<i>Costos de elementos mecánicos</i>	111
4.4.3.	<i>Costo de elementos eléctricos</i>	112
4.4.4.	<i>Costos de elementos del cilindro hidráulico</i>	112
4.4.5.	<i>Costo de máquinas y herramientas</i>	113
4.4.6.	<i>Costos de equipos de trabajo</i>	113
4.4.7.	<i>Costos de mano de obra</i>	114
4.4.8.	<i>Costos indirectos</i>	114
4.4.9.	<i>Costos totales del proyecto</i>	114
	CONCLUSIONES	116
	RECOMENDACIONES	118

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Tipos de bombas y características	15
Tabla 2-2: Propiedades de los fluidos hidráulicos	21
Tabla 3-2: Características de tuberías hidráulicas según la presión de trabajo	22
Tabla 4-2: Características de los sellos hidráulicos según el material	24
Tabla 5-2: Materiales base aprobados para WPS	35
Tabla 6-2: Materiales de aporte.....	36
Tabla 7-2: Dimensiones de equipos según espesor de la placa.....	42
Tabla 1-3: Lista de exigencias.....	50
Tabla 2-3: Matriz Morfológica.....	55
Tabla 3-3: Valor Técnico	58
Tabla 4-3: Valor Económico.....	59
Tabla 5-3: Parámetros: estructura de la prensa.....	62
Tabla 6-3: Parámetros del sistema accionador de la prensa.....	62
Tabla 7-3: Parámetros del cilindro hidráulico de la prensa	62
Tabla 8-3: Dimensiones para ensayo.....	63
Tabla 9-3: Datos técnicos del Motor	66
Tabla 10-3: Ficha Técnica Bomba	68
Tabla 11-3: Condiciones de trabajo de bombas caproni	69
Tabla 12-3: Características de la válvula direccional 4/3	71
Tabla 13-3: Características aceite ISO 68	72
Tabla 14-3: Recomendaciones de diseño	73
Tabla 15-3: Características del filtro de succión	78
Tabla 16-3: Características del filtro de retorno	80
Tabla 17-3: Características del cilindro hidráulico.....	81
Tabla 18-3: Comparación de resultados	94
Tabla 1-4: Pruebas de funcionamiento	95
Tabla 2-4: Comparación entre el estado actual y antiguo de la central hidráulica	97
Tabla 3-4: Especificaciones de la junta precalificada.....	99
Tabla 4-4: Propiedades del electrodo E6010.....	101
Tabla 5-4: Propiedades del electrodo E7018	101
Tabla 6-4: Especificaciones del procedimiento de soldadura	103
Tabla 7-4: Procedimiento de soldadura.....	104
Tabla 8-4: Espesores y numero de pruebas para calificar una WPS	108
Tabla 9-4: Cantidad de ensayos para calificar al soldador.....	108

Tabla 10-4: Presión y caudal máximo del sistema	110
Tabla 11-4: Costos de materia prima.....	111
Tabla 12-4: Costo de elementos de máquina de la central hidráulica	112
Tabla 13-4: Costos de elementos eléctricos	112
Tabla 14-4: Costo de elementos del cilindro hidráulico	113
Tabla 15-4: Costos en herramientas y maquinas	113
Tabla 16-4: Costos de equipos de trabajo.....	114
Tabla 17-4: Costos de mano de obra	114
Tabla 18-4: Costos indirectos.....	114
Tabla 19-4: Costos totales del proyecto	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Esquema básico de una prensa hidráulica.....	8
Ilustración 2-2: Prensa excéntrica para embutir por estirado	9
Ilustración 3-2: Esquema de una prensa tipo H	10
Ilustración 4-2: Partes básicas de una prensa hidráulica	11
Ilustración 5-2: Bombas rotativas	13
Ilustración 6-2: Esquema básico de bombas de desplazamiento positivo	14
Ilustración 7-2: Funcionamiento y partes básicas de una bomba de engranajes.....	14
Ilustración 8-2: Partes de un motor eléctrico	17
Ilustración 9-2: Clasificación de los motores DC	18
Ilustración 10-2: Clasificación de los motores AC	19
Ilustración 11-2: Esquema del funcionamiento de un cilindro hidráulico.....	20
Ilustración 12-2: Partes de la manguera hidráulica	21
Ilustración 13-2: Partes más importantes de un tanque hidráulico	25
Ilustración 14-2: Clasificación de Válvulas	27
Ilustración 15-2: Válvulas reguladoras de presión abierta	28
Ilustración 16-2: Tipo de válvulas direccionales	29
Ilustración 17-2: Manómetro Burdon	30
Ilustración 18-2: Tipos de soldadura	31
Ilustración 19-2: Esquema básico de la soldadura por arco eléctrico.....	32
Ilustración 20-2: Tipo de juntas soldadas	32
Ilustración 21-2: Tipos de soldadura a tope.....	33
Ilustración 22-2: Soldadura por arco eléctrico	34
Ilustración 23-2: Posiciones de soldadura.....	37
Ilustración 24-2: Disposición de las probetas para realizar el ensayo de doblado.....	40
Ilustración 25-2: Dimensiones de equipos para ensayo de doblado según ASTM.....	42
Ilustración 26-2: Dimensiones de probetas para doblado de cara	43
Ilustración 27-2: Dimensiones de equipos para ensayo de doblado.....	44
Ilustración 28-2: Dimensiones de probetas para doblado de cara	46
Ilustración 29-2: Dimensiones de probetas para doblado de raíz.....	46
Ilustración 30-2: Dimensiones de las probetas con espesor de 3/8 de pulgada	46
Ilustración 31-2: Criterios de aceptación y rechazo en juntas soldadas	47
Ilustración 1-3: Procedimiento en la metodología VDI 2225	49
Ilustración 2-3: Caja negra del sistema accionador de la prensa.....	52
Ilustración 3-3: Análisis funcional nivel 1	52

Ilustración 4-3: Alternativa 1 Concepto de soluciones	56
Ilustración 5-3: Alternativa 2 Concepto de soluciones	57
Ilustración 6-3: Alternativa 3 Concepto de soluciones	57
Ilustración 7-3: Análisis Técnico Económico	59
Ilustración 8-3: Solución de Optima	60
Ilustración 9-3: Prensa hidráulica de la facultad	61
Ilustración 10-3: Dimensiones requeridas para ensayo	63
Ilustración 11-3: Selección del motor	66
Ilustración 12-3: Selección bomba 10A(C)3,65x176	67
Ilustración 13-3: Selección matrimonio bomba-motor	69
Ilustración 14-3: Comprobación dimensiones de la base	70
Ilustración 15-3: Fondeada y pintada de la base para bomba y motor	70
Ilustración 16-3: Construcción del depósito de aceite	73
Ilustración 17-3: Selección de mangueras hidráulicas	75
Ilustración 18-3: Resumen De terminales de Manguera	77
Ilustración 19-3: Manómetro seleccionado	77
Ilustración 20-3: Filtro de succión escogido para la central	78
Ilustración 21-3: Filtro de llenado (tapa del depósito)	79
Ilustración 22-3: Filtro de retorno al tanque	79
Ilustración 23-3: Selección de la botonera de arranque	80
Ilustración 24-3: Punzón para ensayos de doblado	83
Ilustración 25-3: Acoples para usos varios	83
Ilustración 26-3: Instalación de la válvula direccional 4/3	84
Ilustración 27-3: Instalación del filtro de aceite y medidor de nivel en el depósito	85
Ilustración 28-3: Central hidráulica a instalar en la prensa	85
Ilustración 29-3: Sistema hidráulico implementado en la prensa	86
Ilustración 30-3: Diagrama del proceso de construcción	87
Ilustración 31-3: Propiedades del material a usarse	88
Ilustración 32-3: Geometría para la simulación	89
Ilustración 33-3: Creación del mallado	90
Ilustración 34-3: Aplicación de velocidad y apoyos fijos	90
Ilustración 35-3: Esfuerzo Von Mises para doblado en placa espesor 10 mm sin soldadura	91
Ilustración 36-3: Esfuerzo de Von Mises para placa de espesor 10 mm con soldadura	92
Ilustración 37-3: Esfuerzo de Von Mises de placa de 10 mm soldada con socavamiento	93
Ilustración 1-4: Prueba de estanqueidad en el cilindro hidráulico	96
Ilustración 2-4: Corte mediante plasma de las placas	100

Ilustración 3-4: Creación de bisel en placas base.....	100
Ilustración 4-4: Colocación de placas antes de realizar el apuntalado	102
Ilustración 5-4: Placa completamente soldada.....	103
Ilustración 6-4: Medición de la altura del refuerzo de cara.....	105
Ilustración 7-4: Medición del socavamiento máximo	106
Ilustración 8-4: Calibrador pie de rey	106
Ilustración 9-4: Preparación de las probetas para doblado.....	107
Ilustración 10-4: Proceso de doblado de cara en la junta soldada	109
Ilustración 11-4: Inspección visual de la probeta doblada	110

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN, SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO

ANEXO B: GUÍA DE LABORATORIO

RESUMEN

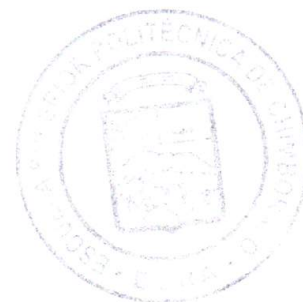
El objetivo principal de esta tesis fue el diseñar y construir un sistema semiautomático para el accionamiento de la prensa hidráulica de la Facultad de Mecánica con el fin de realizar ensayos de doblado en juntas soldadas, el proyecto partió con la recopilación de información mediante el análisis de fuentes bibliográficas confiables, con toda la información ya recopilada se procedió a realizar un análisis mediante la normativa VDI2225 para encontrar una solución óptima a los requerimientos necesarios para sistemas hidráulicos, se seleccionaron elementos como bomba, motor, válvula direccional, entre otras y se modificaron otros elementos como el cilindro hidráulico, todo esto con la finalidad de conseguir un doble accionamiento del actuador hidráulico, los equipos de doblado (punzón y matriz) y la central hidráulica fueron construidos en función de las dimensiones establecidas en la normativa AWS D1.1 y la AWS B4.0 para las probetas de doblado a evaluar mediante los procedimientos de soldadura en juntas a tope, de la misma forma se realizaron PQR en función de la norma AWS D1.1. Finalmente se comprobó el correcto funcionamiento de los elementos seleccionados y construidos, para validar el diseño, la construcción del sistema hidráulico y el procedimiento de soldadura se realizaron ensayos de doblado en probetas con espesor de media pulgada y de material ASTM A36, finalmente se realizó un análisis de costos lo que ayudo a concluir que se cumplieron todos los objetivos planteados en un inicio

Palabras clave: <SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO> <PRENSA HIDRÁULICA>
<SOLDADURA> <SISTEMA HIDRÁULICO> <PROBETAS DE DOBLADO>.

1385-DBRA-UPT-2023



Ing. Christian Castillo



SUMMARY

The main objective of this research was to design and construct a semi-automatic system for actuating the hydraulic press in the Mechanical Engineering Department to perform bending tests on welded joints. The project began with gathering information through the analysis of reliable bibliographic sources. With all the collected data, a study was carried out using the VDI2225 standard to find an optimal solution for the requirements of hydraulic systems. Elements such as the pump, motor, and directional valve, among others, were selected, and other components, such as the hydraulic cylinder, were modified to achieve dual actuation of the hydraulic actuator. The bending equipment (punch and die) and the hydraulic power unit were constructed according to the dimensions specified in the AWS D1.1 and AWS B4.0 standards for the bending specimens to be evaluated using welding procedures on butt joints. Similarly, procedure qualification records (PQR) were carried out following the AWS D1.1 standard. Finally, the proper functioning of the selected and constructed elements was verified to validate the design, the construction of the hydraulic system, and the welding procedure. Bending tests were performed on half-inch thick specimens made of ASTM A36 material. Lastly, a cost analysis was conducted, which helped conclude that all the initially set objectives were achieved.

Keywords: <SEMI-AUTOMATIC SYSTEM> <HYDRAULIC PRESS> <WELDING>
<HYDRAULIC SYSTEM> <BENDING SPECIMENS>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

Las prensas hidráulicas son maquinas muy utilizadas actualmente en la industria en procesos de doblado, embutido entre otras, las prensas logran transmitir grandes fuerzas basándose en el principio de Pascal y mediante un fluido de trabajo el cual suele ser un aceite mineral, entre las principales partes de la prensa hidráulica esta la estructura, el cilindro y la central hidráulica.

En la industria ecuatoriana es poco el desarrollo de los equipos y procedimientos para calificaciones y evaluaciones de los ensayos de doblado en las juntas soldadas, por lo que en este proyecto se buscara seleccionar elementos adecuados para crear una central hidráulica que entregue la fuerza necesaria para llevar a cabo ensayos de doblado en juntas soldadas, se analizara y seleccionara componentes como la bomba motor válvula direccional, válvula de alivio de presión manguera entre otras se crearan tanques de aceite, y se buscara crear un accionamiento doble para el cilindro de la prensa hidráulica que se encuentre en el laboratorio de soldadura de la facultad de Mecánica.

Para llevar a cabo los ensayos de doblado se utilizará el punzón y la matriz de doblado que posee la facultad, además se plantea crear un procedimiento de soldadura (WPS) así como una guía de laboratorio para que los estudiantes puedan realizar las evaluaciones de las juntas soldadas.

Em manual de operación, el manual de usuario y el manual de mantenimiento, son elementos importantes de todo equipo mecánico, es por esto que se entregara los planos del sistema hidráulico y los respectivos manuales de cada elemento que conforma la central hidráulica.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Hoy en día la globalización ha permitido crear varios estándares de calidad, mismos que deben aplicarse en gran medida a los procesos industriales de manufactura y construcción, realizando un énfasis en la soldadura, resulta que este proceso se usa en la creación de varios elementos y equipos mecánicos, por este motivo tiene que ser evaluada, para esto existen profesionales que realizan ensayos o pruebas mediante técnicas y herramientas que se encuentran establecidas en normas.

En este contexto la ingeniería apoya estas evaluaciones con normativas y procesos que se basan en fundamentos científicos y que ayudan a comprobar que los procedimientos de evaluación se realizaron correcta. Para cumplir con estas evaluaciones se requieren establecer un criterio de aceptación con el fin de conocer la calidad de la junta soldada; por esta razón se diseñan y construyen máquinas que brindan la posibilidad de llevar a cabo pruebas y ensayos en los elementos mecánicos en donde se requiere evaluar la calidad de ciertos procesos de unión y maquinado.

Una de las investigaciones que se centra en el diseño del accionamiento de prensas hidráulicas para realizar ensayos es la planteada por Ricardo Montón con el título “DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA PRENSA” en esta tesis se realizó una investigación dónde se creó un prototipo para un sistema automatizado de prensa industrial; en este trabajo se realizó cambios en las navetas además el control hidráulico se lo realizó por medio de un PLC siemens S7300 con estas implementaciones se logró un ahorro considerable de tiempo en sus funciones (Montón, 2015, p. 5).

Es pertinente mencionar el trabajo realizado por Jorge Torres nombrado “REPARACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS” en la Universidad Nacional de Táchira donde se automatizó el accionamiento de la máquina universal en dicho trabajo se consigue el control de velocidad hidráulico basado en una válvula hidráulica de cuatro vías y flujo variable, la válvula es controlada por un vástago, que al conducirlo hacia arriba proporciona presión al émbolo de carga del cabezal inferior moviéndolo hacia arriba y al mover

el vástago hacia abajo el émbolo de carga bajará, logrando así la automatización del accionamiento (Torres y Redondo, 2009, p. 30).

Las instituciones académicas, se están viendo obligadas a crear nuevas áreas y equipos para poder realizar criterios de aceptación de ciertos ensayos, siguiendo este criterio podemos mencionar algunos trabajos realizados por tesisistas como el propuesto por Lecargos Cesar en su trabajo titulado “DISEÑO DE UNA PRENSA HIDRAULICA DE 13TM PARA ENSAYOS DE LABORATORIO” donde diseña y construye una prensa hidráulica para la realización de ensayos destructivos por parte de los estudiantes de dicha institución académica (Lecaros, 2002, p. 10).

Dentro del territorio nacional existen algunas investigaciones que se enfocan en los accionamientos hidráulicos y la optimización para diferentes fines, siguiendo este contexto podemos mencionar la tesis realizada por Abad Edgar con el título “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO PARA EL ENSAYO DE DOBLADO GUIADO EN JUNTAS SOLDADAS PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA” en ella se realiza un estudio para el diseño de una prensa hidráulica considerando factores importantes como el diseño y selección de componentes hidráulicos, en el trabajo se logró validar varias pruebas como son de tracción y doblado (Abad, 2020, p. 6).

En la facultad de Mecánica de la ESPOCH se han realizado algunas tesis que buscan mejorar, optimizar o implementar algún uso a la prensa hidráulica de los laboratorios de soldadura; uno de los últimos trabajos realizados en esta prensa es el realizado por Quinancela Benny con el tema “REHABILITACIÓN DE LA PRENSA HIDRÁULICA PARA SU IMPLEMENTACIÓN COMO MÁQUINA DE PRENSADO, CONFORMADO Y MONTAJE EN EL TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA” en esta tesis se planteó el mantenimiento tanto del sistema hidráulico como de la estructura de la propia prensa, para la validación se realizó simulaciones mediante elementos finitos finalmente se creó un manual de operación, seguridad y mantenimiento para la prensa hidráulica (Quinancela, 2021, p. 14).

1.2. Delimitación del Problema

1.2.1. Delimitación espacial

La siguiente tesis esta desarrollada y delimitada espacialmente dentro de los predios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo específicamente en la Facultad de Mecánica.

1.2.2. Delimitación sectorial

Esta investigación beneficiará tanto a los estudiantes de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo como a la misma Universidad ya que se contará con equipos sofisticados donde los estudiantes podrán llevar a cabo pruebas de doblado guiado en juntas soldadas para una mejor comprensión del fenómeno de la soldadura.

1.3. Formulación del problema

Hoy en día la carrera de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo no dispone de un equipo práctico en el laboratorio de soldadura que permita realizar los ensayos de doblado para la aprobación de un procedimiento de soldadura, es por esto por lo que es importante obtener equipos para los talleres de máquinas que sean eficientes y se adapten a las necesidades de las prácticas que se desean realizar.

Otra de las razones relevantes para la realización de este proyecto es el estado de la prensa hidráulica de los laboratorios, se ha visualizado que los trabajos realizados con el fin de optimizar y preservar la prensa han sido insuficientes no solo por los años de vida de la prensa sino más bien por lo rústico de sus elementos y accionamiento, por lo que se requiere mejorar constantemente los elementos de la prensa, así como su funcionalidad.

Para la ESPOCH sería de gran ayuda contar con un sistema hidráulico semiautomatizado que permita realizar el ensayo de doblado guiado; esto brindará a los estudiantes la oportunidad de entender y evaluar los aspectos más importantes del procedimiento utilizado para la creación de juntas soldadas.

1.4. Justificación

En la industria ecuatoriana es poco el desarrollo de los equipos y procedimientos para calificaciones y evaluaciones de los ensayos de doblado en las juntas soldadas; por lo que una de las finalidades de esta investigación consiste en realizar un estudio con el cual desarrollar un equipo semiautomático acoplador a la prensa hidráulica que se encuentra en los laboratorios de soldadura de la facultad de Mecánica para realizar los ensayos doblado en juntas soldadas, además, se creará guías prácticas para la realización del ensayo con el fin de que los estudiantes de la carrera puedan realizar dichos laboratorios.

Otra de las justificaciones de esta investigación es el grado de importancia que tienen los ensayos destructivos en las evaluaciones y el cumplimiento de las normas para los procesos de soldadura en la creación o construcción de cualquier estructura o elemento mecánico, este estudio se brindará un enfoque para el mejoramiento de dichos procesos, lo que a su vez ayudará a incentivar futuros trabajos académicos en el área de la soldadura y la evaluación tanto del soldador como del procedimiento de soldadura

1.5. Alcance

El equipo podrá ser utilizado en un futuro para posibles ensayos en materiales y combinaciones de estos, que se usan en la creación de juntas soldadas. La máquina proporcionará la presión y fuerza necesaria para que las probetas de acero puedan ser dobladas hasta un espesor máximo aproximado de 10 mm (3/8 in), y con materiales bases que no supere las propiedades del Acero ASTM A36 según la referencia de la norma AWS D1.1 para la realización y criterios de aceptación para ensayos de doblado en juntas soldadas; las dimensiones de la probeta se adaptarán para usar la matriz de doblado que disponen los laboratorios de la facultado y las simulaciones se las realizarán en el software

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Diseñar y construir un sistema semiautomático para el accionamiento de una prensa hidráulica mediante la aplicación de la metodología VDI 2225 con el fin de evaluar juntas soldadas mediante el ensayo de doblado

1.6.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis bibliográfico mediante el estudio del arte para conocer los métodos de diseño y construcción del sistema semiautomático accionador de la prensa hidráulica.
- Seleccionar componentes y elementos mecánicos para el sistema semiautomático que accionara la prensa hidráulica en base a los requerimientos establecidos para el buen funcionamiento del sistema hidráulico.
- Identificar los criterios de aceptación y evaluación en juntas soldadas mediante el análisis y comparación entre normativas considerando su disponibilidad para encontrar la manera correcta de realizar el ensayo de doblado.

- Elaborar una guía de laboratorio, mantenimiento y manual de usuario mediante las especificaciones establecidas en las normas y catálogos de los elementos seleccionados que permita llevar a cabo pruebas de doblado en juntas soldadas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Para lograr un diseño y construcción óptimo de un sistema hidráulico es necesario dominar una gran cantidad de técnicas y conocimientos basados en estudios bibliográficos confiables. El desarrollo de este capítulo busca entregar los fundamentos teóricos que respalden el trabajo que se busca realizar en esta tesis. En primera instancia se detalla varias definiciones generales como lo son la prensa hidráulica, los ensayos de doblado entre otros luego se abordará el tema de los elementos hidráulicos y finalmente se explicará cuáles son los parámetros tanto de soldadura como de evaluación de las juntas soldadas.

2.1. Prensa hidráulica

Es aquella prensa que dispone de la potencia hidráulica de un fluido a presión, para convertirla en trabajo mecánico en una mesa móvil, por medio de uno o varios actuadores hidráulicos. Para este propósito se utilizan cilindros hidráulicos los cuales se mueven lentamente y las presiones que éstos ejercen pueden variar en función de sus características (Niño y Sandoval, 2016, p. 12).

Las prensas hidráulicas se mueven por la acción de agua o aceite que entra a la cámara del actuador empujando el émbolo que a su vez va conectado a un vástago, el cual compacta el material que se encuentra en una matriz. Generalmente el líquido entra a la cámara del actuador con poca presión hasta que hace contacto con la pieza, luego de esto se aumenta la presión significativamente (Niño y Sandoval, 2016, p. 12).

Las prensas hidráulicas que funcionan a velocidad constante están limitadas por la carga, por lo tanto, la prensa se detiene si la carga requerida es mayor que su capacidad. Para solucionar esto se transfiere una gran cantidad de energía a la pieza, con el fin de aplicar una carga constante lo que ayuda a controlar el avance del vástago (Rodríguez, 2019, p. 27).

Las prensas son utilizadas en prácticamente toda la industria, una de las ventajas que tienen las prensas hidráulicas frente a las prensas mecánicas radica en que requieren menos mantenimiento, con lo cual compensan su mayor costo inicial, así mismo las prensas hidráulicas brindan la facilidad de ajustar la presión de aceite lo que permite controlar la fuerza de trabajo, la presión y la velocidad de avance del cilindro. La Ilustración detalla el esquema básico de la prensa hidráulica (Niño, Sandoval 2016, p. 10), (Domínguez, 2017, p. 12).

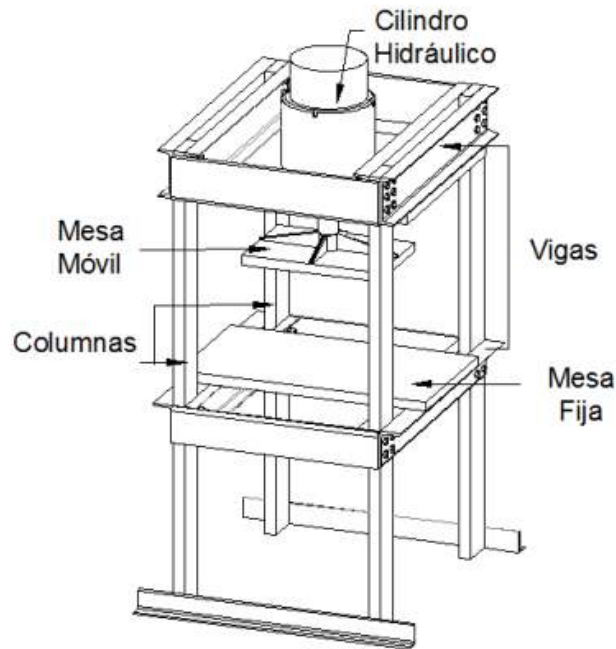


Ilustración 1-2: Esquema básico de una prensa hidráulica

Fuente: (Niño y Sandoval 2016, p. 9)

2.1.1. Evolución de las Prensas

Las prensas han sido empleadas para diversos ámbitos donde se requiera una alta presión, entre las aplicaciones que se les dan a las prensas cabe destacar operaciones de exprimir, laminar, estirar, embutir, entre otras (Domínguez, 2017, p. 20).

En la historia se le atribuye a la prensa de balancín como la primera en ser construida, usada a partir del siglo XIV y empleada para el acuñado de monedas estas primeras máquinas de balancín eran de bronce y de hierro. Estaban constituidas por un tornillo central accionado por un brazo horizontal mismo que era jalado por varios hombres; Nicolás Briot permitió que el uso de las prensas de balancín se generalice en Europa a partir de 1645 (Domínguez, 2017, p. 21).

En 1783 la prensa de balancín fue perfeccionada por el ingeniero suizo Jean Pierre Droz, permitiendo la acuñación simultánea de anverso, reverso y canto. La prensa hidráulica fue desarrollada en 1770 por Joseph Bramah, estas prensas permitieron generar gran presión, aplicando el principio de Pascal; poseen dos tubos paralelos de distinto diámetro, llenos de fluido y cerrados por dos pistones. (Domínguez, 2017, p. 24).

En 1867 el francés Chéret desarrolló la prensa de fricción, misma que fue usada para la fabricación de monedas en París. A finales de del siglo XIX, se creó las prensas excéntricas la cual fue

imprescindibles para los trabajos de estampado, forja y pequeñas embuticiones. (Domínguez, 2017, p.26).

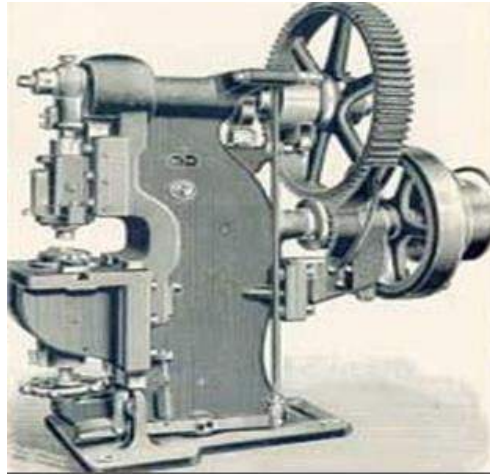


Ilustración 2-2: Prensa excéntrica para embutir por estirado

Fuente: (Domínguez, 2017, p. 25)

Actualmente en el mercado se ofrecen una amplia gama de prensas hidráulicas de diversas capacidades y de varios usos, que conllevan a la personalización de estas para encontrar las condiciones óptimas de funcionamiento de acuerdo al trabajo que realizaran. A continuación, se detallan algunos tipos de prensas que se encuentran hoy en día en la industria.

2.1.2. Tipos de Prensa

La clasificación está con relación a la fuente de energía, ya sea operada manualmente o con alguna fuente de potencia. Las maquinas operadas manualmente se usan para trabajos en lamina delgada de metal, pero la mayor parte de maquinaria para producción se opera con potencia (Correa, Salazar y Ramírez, 2012, p. 22). De acuerdo con la forma de entregar la energía se tiene:

- Prensas mecánicas
- Prensa neumática.
- Prensas hidráulicas

Otra forma de agrupar a las prensas está en función del número de arietes o la forma que posee su marco y estructura. De acuerdo a Correa, Salazar y Ramírez (2012, pág. 22), las prensas hidráulicas son producidas en varios tipos y tamaños debido a que pueden producirse de un sinfín de capacidades, de acuerdo con el tipo de estructura que posee la prensa se puede clasificar en:

2.1.2.1. Prensa tipo H

Es el tipo de prensa hidráulica más usada, su capacidad puede llegar hasta 1 500 toneladas, las aplicaciones más comunes son en operaciones de doblado, perforación, acuñamiento, compactación, Ilustración muestra una prensa tipo H de accionamiento manual. (Domínguez 2017, p. 6).



Ilustración 3-2: Esquema de una prensa tipo H

Fuente: (Domínguez, 2017, p. 10)

2.1.2.2. Prensa Tipo C

Estas prensas generan aproximadamente 300 toneladas de presión. Estas prensas están diseñadas usualmente para enderezar y dibujar, utilizan un espacio reducido. Las prensas hidráulicas de marco C se denominan así por la forma en que están construidas (Domínguez, 2017, p. 13).

2.1.2.3. Prensas de tipo pilar

Este tipo de prensas suelen ejercer hasta 1000 toneladas de presión, suelen ser utilizadas en procesos como la embutición y moldeo. La forma de pilar da el acceso para que el operador pueda desplazarse y operar en tres lados diferentes de la prensa (Domínguez, 2017, p. 13).

2.1.3. Partes de una prensa hidráulica

Aunque en el mercado existe una gran variedad de prensas, con diseños y características constructivas propias, están compuestas básicamente de unos elementos comunes. Para mayor claridad tenemos la Ilustración donde se muestran las partes de una prensa hidráulica del tipo H.



Ilustración 4-2: Partes básicas de una prensa hidráulica

Fuente: (Domínguez, 2017, p. 15)

Entre las principales partes más comunes de una prensa hidráulica tenemos:

- (c) la bancada
- (d) el actuador (cilindro hidráulico)
- (e) el tanque hidráulico
- (f) el motor- bomba hidráulica
- (g) la manguera hidráulica
- (h) el panel de control
- (i) el manómetro para el control de la presión
- (a) viga principal
- (b) columna
- (j) viga secundaria

2.1.4. Principio de pascal

El principio fundamental del funcionamiento de las prensas es descrito por el principio de pascal, este estudio es una consecuencia de la ecuación fundamental de la hidrostática donde se considera que los trabajos se realizan con fluidos altamente incompresibles, entonces la presión que este

fluido incomprensible ejerce dentro de un recipiente con paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones del fluido.

Todos estos tipos de sistemas que utilizan fluidos incomprensibles, tanto las prensas hidráulicas como las palancas mecánicas no aumentan la energía, más bien el volumen que se desplaza en el pistón pequeño se logra distribuir a lo largo del pistón grande, de este modo las presiones en ambas ramas serán las mismas según Quinancela (2021, p. 8). La ecuación que describe el principio de pascal viene dada en función de la fuerza y área que se aplica en un ramal, a continuación, se describe la formula:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

2.1.5. Fuerza de doblado

La fuerza de doblado es la fuerza que el sistema hidráulico requiere para conseguir la geometría de U en la probeta, de acuerdo a Abad (2020, p. 30) esta fuerza está en función de las propiedades mecánicas del material a doblar, a continuación, se muestra la ecuación para la fuerza de doblado:

$$F = K * \sigma_B * t * w \quad (2.2)$$

Donde:

F : Fuerza de doblado en U (KN)

K : constante experimental para fuerza de doblado (0.4)

σ_B : Resistencia a la tracción del material base (kgf/mm²)

t : espesor del material base (mm)

w : ancho del doblado en mm

2.1.6. La bomba

La bomba hidráulica se define como un sistema mecánico el cual convierte la energía externa en energía hidráulica, para esto utiliza un fluido el cual se mueve y produce un aumento de presión y velocidad, dando, así como resultado un aumento de energía conocida como hidráulica (Heras, 2011, p. 121).

La bomba manual cumple con la forma más básica de bombeo pues solo consta de un pistón para bombear, un juego de válvulas de retención y alivio. El bombeo manual de la bomba se produce por la manivela que provoca la subida y bajada del fluido desde el depósito hasta la salida de la

bomba, para las bombas que no son manuales estas deben ser accionadas por una fuerza motriz externa para lograr el aumento de presión y velocidad del fluido (Domínguez, 2017, p. 68).

Las bombas presentan una presión característica en su tubería de descarga misma que puede relacionarse con el caudal que transporta en función de su curva característica, para la selección de una bomba es necesario considerar las siguientes características: presión, capacidad, control, peso, fluido, ruido, mantenimiento y control; la elección resulta arbitraria o muchas veces se relaciona directamente con el costo de esta (Domínguez, 2017, p. 68).

El caudal de una bomba puede ser definido en función del área de trabajo y la velocidad que el fluido presente de tal forma que la ecuación que lo representa viene dada por:

$$Q = V * A \quad (2.3)$$

2.1.6.1. Clasificación de bombas hidráulicas

En general, las máquinas de fluidos pueden clasificarse según el sentido de transmisión de la energía, la compresibilidad del fluido o su principio de funcionamiento, a continuación, se presenta una breve clasificación de las prensas hidráulicas (Heras, 2011, p.121):

- *Bombas Rotativas*. Estas rigen su comportamiento por la ecuación de Euler, y su órgano transmisor de energía se llama rodete, rotor o impulsor. Es el movimiento rotativo por el que se le atribuye el nombre de rotodinámicas, la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de la energía (Marbello, 2007, p. 17).

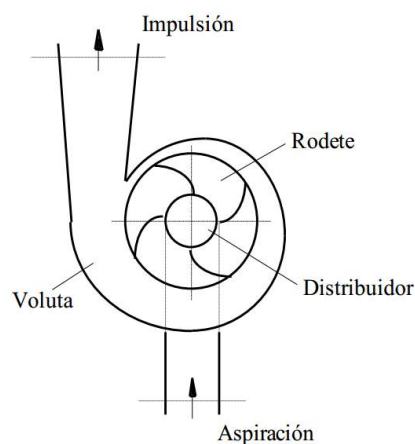


Ilustración 5-2: Bombas rotativas

Fuente: (Parra y Robles, 2016, p. 5)

- *Bombas de Desplazamiento Positivo* En estas bombas el intercambio de energía se da en forma de presión mediante el paso del fluido a través de una cámara de trabajo, en la que el fluido entra y sale en un proceso alternativo. la energía intercambiada es de tipo potencial. En este tipo de bombas la dinámica de la corriente no es importante en la transmisión de la energía. El elemento principal de trabajo es el desplazador y no existe conexión simultánea a través del fluido entre la entrada y la salida. Esta presente una fuerza entre el fluido y otros elementos móviles y gracias a ello da paso al intercambio de energía (Marbello, 2007, p. 17) (Parra y Robles, 2016, p. 5).

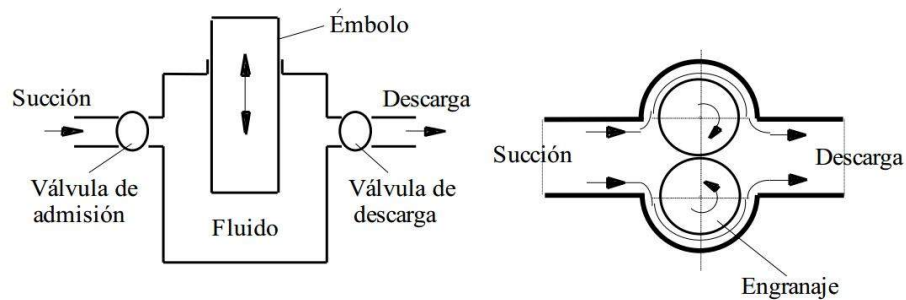


Ilustración 6-2: Esquema básico de bombas de desplazamiento positivo

Fuente: (Parra y Robles, 2016, pág. 6)

- *Bomba de engranajes* Se compone de dos engranajes que tienen como función transportar el fluido debido al acople entre ellos, pues es accionado por un eje motriz impulsado por un elemento externo para provocar el giro y mover el fluido desde la cámara de admisión de la bomba hacia la cámara de impulsión dando como resultado un caudal requerido (Domínguez 2017, pág. 68).

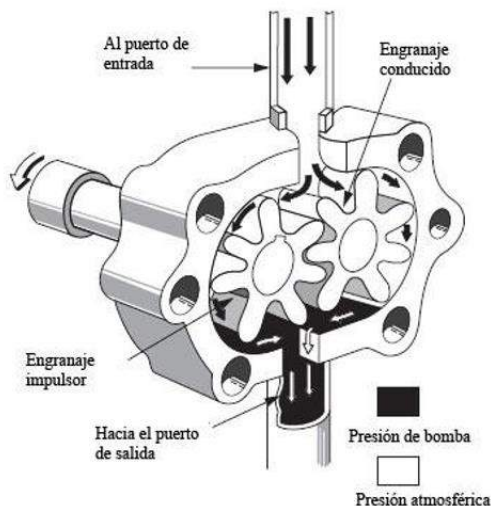


Ilustración 7-2: Funcionamiento y partes
básicas de una bomba de engranajes

Fuente: (Domínguez, 2017, p. 69)

- *Bomba de paletas* Se compone de una carcasa con un anillo interno y un eje rotor descentrado, las paletas están pegadas a la superficie del anillo interno porque tienen resortes que permiten el movimiento lineal. La descripción de funcionamiento de estas bombas inicia con el ingreso de fluido a la bomba y llena el área de mayor volumen producida por el eje descentrado, al girar el rotor este volumen es desplazado por las paletas generándose el caudal (Domínguez, 2017, p. 69).

- *Bomba de pistones axiales* En una bomba de pistones axiales, los pistones se encuentran distribuidos de forma paralela y alrededor del eje motriz, pero contenidos en un barril, a un extremo del barril se sitúan los puertos (conducto de ingreso y salida del fluido) y al otro extremo las rótulas (Domínguez, 2017, p. 70).

- *Bomba de pistones radiales* En una bomba de pistones radiales, los pistones se deslizan dentro de cilindros que giran alrededor de una clavija estacionaria. En este tipo de bombas se puede lograr eficiencias volumétricas altas puesto que los ajustes de los pistones y los cilindros son estrechos (Quinancela, 2021, p. 25).

Según la aplicación se puede sugerir el tipo de bomba a utilizar, en la siguiente tabla se muestran las sugerencias según la presión, caudal y velocidad de trabajo.

Tabla 1-2: Tipos de bombas y características

TIPO DE BOMBAS	Presión de trabajo	Caudal de trabajo	Velocidad	Eficiencia Total
Bomba de engranes a baja presión	0 Lb/plg ²	5 gal/min	500 rpm	75 – 80 %
Bomba de engranes a media presión	1500 Lb/plg ²	10 gal/min	1200 rpm	75 – 80 %
Bomba de engrane a alta presión	2000 Lb/plg ²	15 gal/ min	1800 rpm	80 - 85%
Bomba de paleta	1000 Lb/plg ²	1.1 – 55 gal/min	1000 rpm	80 – 85 %
Bomba de pistones	3000 Lb/plg ²	2 – 120 Gal/min	1200–1800 rpm	> 85 %

Fuente: (Quinancela, 2021, p. 24)

2.1.7. Motor Eléctrico

Los motores eléctricos tienen como misión general llevar a cabo la transformación de la energía eléctrica en mecánica mediante su principio de operación, los motores eléctricos dependen de la interacción de campos magnéticos, cabe señalar que son utilizados en infinidad de sectores tales como instalaciones industriales, comerciales y particulares.

De una manera muy general podemos describir su funcionamiento en la descripción de las partes que se basa en lo siguiente: en la parte interna del estator, se encuentran agrupadas chapas de acero especial formando un bloque. Las mismas que albergan a las bobinas que se conectan a una fuente de energía eléctrica que genera campos electromagnéticos, los cuales interactúan entre sí lo que genera movimiento dando así una fuerza motriz (Farina, 2018, p. 70).

Según Farina (2018, p. 68), los motores eléctricos pueden ser impulsados por fuentes de corriente continua (CC), y por fuentes de corriente alterna (CA). La fórmula para calcular la potencia de un motor hidráulico viene en función de la presión y el caudal máximos de trabajo del sistema:

$$Pot = \frac{P * Q}{600} \quad (2.4)$$

Donde

- *Pot*: es la potencia requerida (KW)
- *P*: es la presión máxima de trabajo (Bar)
- *Q*: es el caudal de trabajo (lpm)

Hay que tomar en consideración el acople entre la bomba y el motor, para la selección del matrimonio bomba y motor se considera el parámetro del torque nominal del motor y los diámetros de los ejes tanto de la bomba y del motor, para encontrar el torque nominal tenemos la siguiente expresión:

$$T_{nom} = \frac{Pot * 63025}{RPM} \quad (2.5)$$

Donde:

- *T_{nom}* es el torque nominal en (lb.in)

- *Pot*: es la potencia (Hp)
- *RPM* es la velocidad nominal del motor en rpm

La cantidad de bobinas depende de la velocidad rotante nominal que tenga el motor eléctrico, en general, los que tienen mayor empleo son los de 1.500 y 3.000 revoluciones por minuto, aunque no son los únicos (Farina, 2018, pág. 70).

2.1.7.1. Partes de un Motor Eléctrico

El motor está compuesto de varios elementos que hacen posible su funcionamiento, para ello es necesario describir dichos elementos y su función dentro del esquema de la máquina. En la Ilustración se presenta las principales partes de un motor eléctrico:

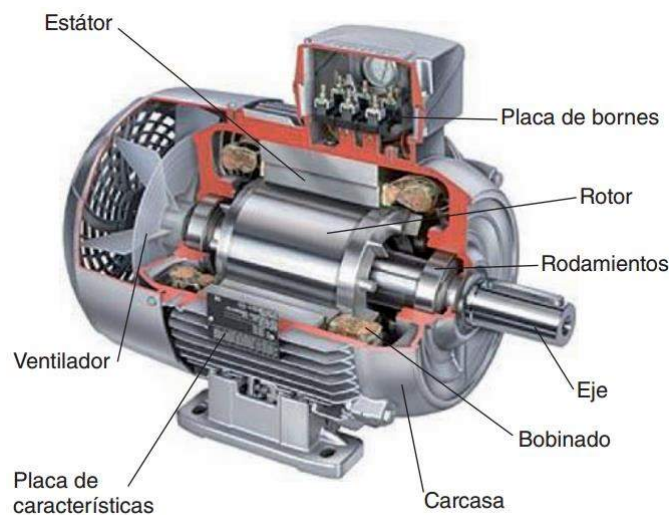


Ilustración 8-2: Partes de un motor eléctrico

Fuente: (mheducation, 2011, p. 2)

- *Estator*: Es un bloque de chapas de acero especial ranuradas para alojar los bobinados.
- *Eje*: Es el elemento sobre el cual se encuentran fijados el rotor y el ventilador y este encargado de transmitir el movimiento
- *Rodamientos*: Sostienen y permiten el giro el eje.
- *Ventilador*: se encuentra fuera de la carcasa y genera el aire para la refrigeración.
- *Placa de Bornes*: Es el lugar donde se conectan los cables de alimentación a los extremos de los bobinados que están en el estator.
- *Rotor*. Son las partes giratorias del motor eléctrico.
- *Placa característica*: Contiene los datos característicos del motor eléctrico, tales como potencia nominal, corriente nominal, grado de protección mecánica.

2.1.7.2. Clasificación de los motores eléctricos.

Los motores eléctricos pueden ser alimentados por corriente alterna o corriente directa, atendiendo a la naturaleza de la corriente eléctrica los motores eléctricos se dividen en 2 grandes grupos que son los motores de corriente directa (DC) y motores de corriente alterna (AC) (Contreras y Sánchez, 2010, p. 69).

- *Motores eléctricos DC* En estos motores cuando una corriente directa pasa a través de un cable conductor inmerso en un campo magnético, la fuerza magnética produce un par el cual provoca el giro del motor DC, la Ilustración presenta una breve clasificación de los motores DC (Contreras y Sánchez, 2010, p. 74).

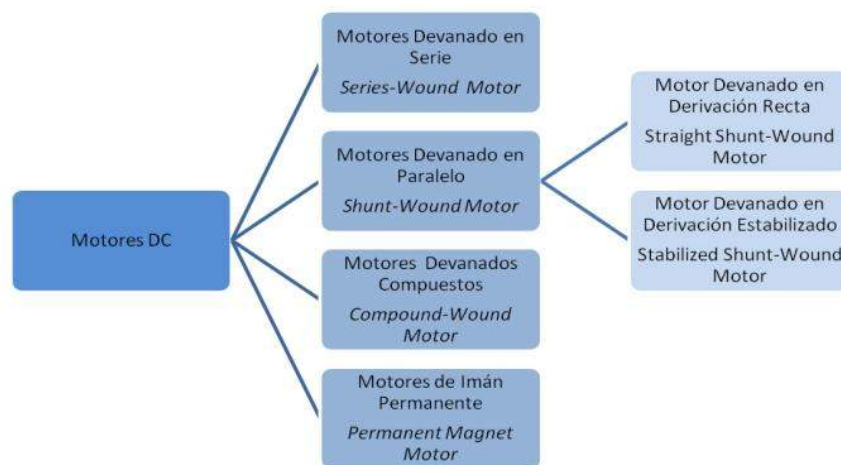


Ilustración 9-2: Clasificación de los motores DC

Fuente: (Contreras y Sánchez, 2010, p. 70)

- *Motores eléctricos AC* Los motores de corriente alterna, son los más empleados, dada la gran ventaja de funcionar con la forma de corriente que suministran, además tienen bajo costo de mantenimiento y fabricación. Esta clase de motores se clasifican en dos tipos síncronos y asíncronos. Para los motores síncronos tienen la particularidad de que el eje gira a la misma velocidad que tiene el campo magnético generado, mientras que los asíncronos poseen una velocidad menor a la que tiene su campo magnético generado. En la Ilustración se detalla la clasificación de los motores AC.

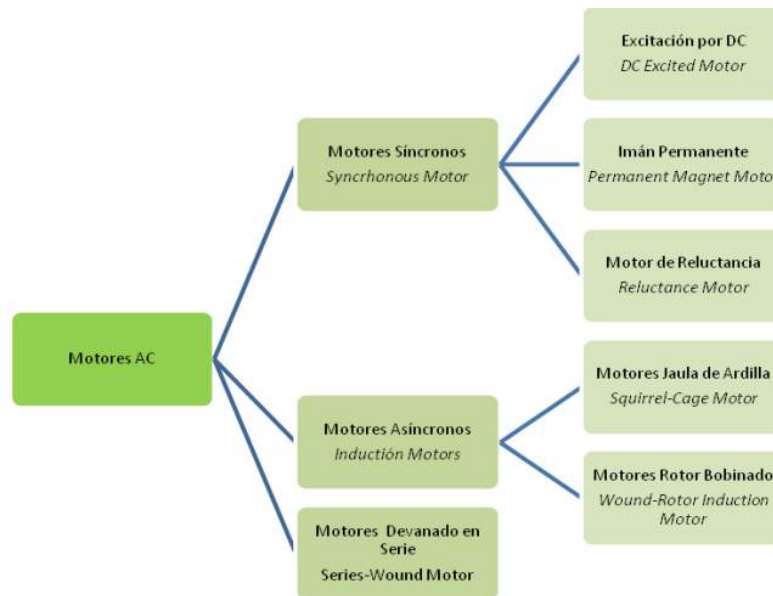


Ilustración 10-2: Clasificación de los motores AC

Fuente: (Contreras y Sánchez, 2010, p.71)

2.1.8. Actuadores o Cilindros hidráulicos

Los cilindros hidráulicos o actuadores tienen la capacidad de provocar una fuerza a partir de los movimientos de líquidos en su interior, son utilizados en aplicaciones donde se requiere una elevada fuerza de empuje. Estos elementos reciben una señal desde un controlador o también llamado regulador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas (Solé, 2007, p. 157).

Existen 2 tipos de actuadores los hidráulicos y los neumáticos. Los actuadores hidráulicos tienen la particularidad de proporcionar pares y fuerzas del tipo elevado y con un buen control del movimiento siendo esta su principal ventaja frente a los sistemas neumáticos y eléctricos.

Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, estos sistemas requieren demasiado equipo de acondicionamiento para suministrar la energía, así como de mantenimiento periódico. Sus principales componentes se muestran en la Ilustración (Armas y Torres, 2013, p. 35).

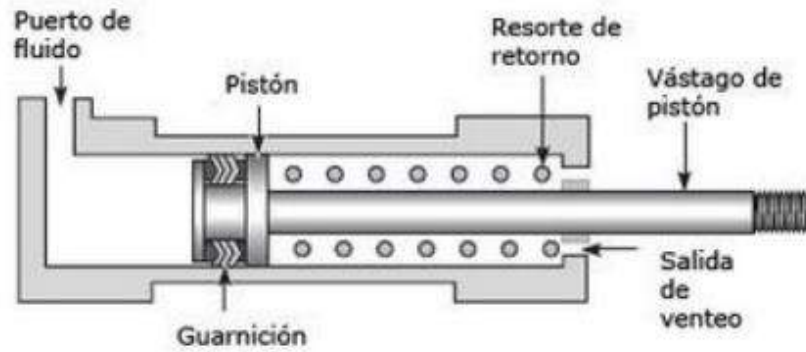


Ilustración 11-2: Esquema del funcionamiento de un cilindro hidráulico

Fuente: (Armas y Torres, 2013, p. 35)

Los actuadores hidráulicos, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, a continuación, se detalla la clasificación de los actuadores hidráulicos:

- *Cilindros de simple efecto:* el fluido hidráulico empuja en un sentido el pistón del cilindro y una fuerza externa (resorte o gravedad) lo retrae en sentido contrario (Solé, 2007, p. 157).
- *Cilindros de doble efecto:* Utiliza la fuerza generada por el fluido hidráulico para mover el pistón en los dos sentidos, mediante una válvula direccional (Solé, 2007, p. 158)
- *Cilindros telescópicos* Contiene otros de menor diámetro en su interior y se expanden por etapas, muy utilizados en grúas, etc. (Solé, 2007, p. 158).

2.1.9. Fluidos hidráulicos

Se define como fluido hidráulico a cualquier sustancia capaz de transmitir esfuerzos de corte por roce, sin embargo, el término fluido se ha generalizado en hidráulica para referirse al líquido que sirve como medio de transmisión de energía.

El fluido hidráulico cumple varias funciones muy importantes en los sistemas hidráulicos y van desde la transmisión de potencia, la lubricación de piezas móviles, también se encargan de minimizar fugas y disipar el calor (Dalnero, 2020, p. 2).

Los fluidos deben cumplir con ciertas características como la de lubricar, refrigerar, ser anticorrosivos, así como la de soportar altas temperaturas sin evaporarse, soportar altas presiones, además de absorber ruido y vibraciones. El fluido hidráulico más popular en la actualidad es el aceite mineral, al que se le agrega sustancias con propiedades llamadas aditivos para mejorar sus propiedades. En la tabla se observa una tabla con propiedades de los fluidos (Dalnero, 2020, p. 2).

Tabla 2-2: Propiedades de los fluidos hidráulicos

PROPIEDADES DE ALGUNOS LUBRICANTES						
Propiedades	Aceite mineral	Soluciones agua-glicol	Emulsiones agua-aceite	Estereofosfatos	Hidrocarburos aromáticos clorados	Siliconas
Peso específico kp/dm ³	0,864	1,060	0,916-0,94	1,275	1,43	0,93-1,03
Inflamabilidad	Alta	Ininflamable	Baja	Baja	Baja	Ininflamable
Temperatura inflamabilidad en °C	220	Ninguna	Ninguna	260	215	100-150
Temperatura máxima de servicio en °C	105	65	65	150	150	315-370
Poder lubricante	Muy bueno	Regular	Regular	Muy bueno	Bueno	De regular a bueno
Poder antioxidante	Muy bueno	Regular	De regular a bueno	De regular a bueno	De regular a bueno	Regular
Contenido de agua en %	0,02	30-40	Min. 10	0,03	0,02	—
Viscosidad general	De baja a muy baja	De baja a media	Baja	De baja a alta	De baja a alta	De baja a alta
Material de juntas	Goma sintética	Goma sintética	Goma sintética	Butilo o silicona	Butilo o silicona	Vitón hasta 230 °C

Fuente: (Dalnero, 2020, p. 3)

2.1.10. Conductos o tuberías de comunicación

Son conductos que permite conectar los componentes de un circuito transportando fluido hidráulico formando así las líneas hidráulicas. Los conductos pueden ser rígidos (tubos), flexibles (mangueras) y tubos en espiral (Domínguez, 2017, p. 66).

La elección de las mangueras y sus accesorios suele realizarse en la fase final de la construcción de los sistemas hidráulicos, la combinación adecuada entre manguera y terminal es muy importante para alargar la vida útil de la central hidráulica, usualmente tienen varios trenzados de acero, la Ilustración presenta una gráfica que muestra las partes más importantes de una manguera hidráulica

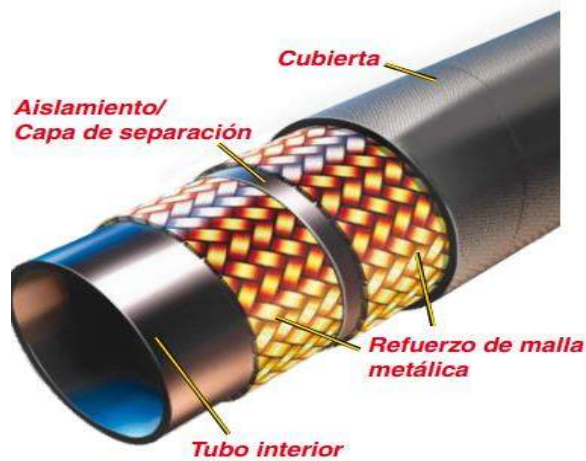


Ilustración 12-2: Partes de la manguera hidráulica

Fuente: (Parker S.A, 2018, p.19)

Las mangueras se pueden clasificar en función de su rango de uso estas son de baja, media y alta presión, pero hay que recordar que esta presión viene dada por el fabricante. Según la presión a la que la tubería será sometida, se puede elegir un tipo de conducto como se muestra en la siguiente tabla (Domínguez, 2017, p. 66):

Tabla 3-2: Características de tuberías hidráulicas según la presión de trabajo

Tipo y material	Presión	Presión máx.	Observaciones
Manguera con trenzado de algodón	baja	Hasta 500 psi	Línea de baja presión
Manguera con trenzado de nylon	De baja a media	Hasta 1500 psi	Línea de baja presión
Manguera con doble trenzado metálico	Alta	Hasta 10000 psi	
Manguera con envoltura en espiral	Alta	5000 psi	Mejor comportamiento a la fatiga por flexión

Fuente: (Domínguez, 2017, p. 67)

Una vez que se seleccionan la manguera es necesario verificar si con la velocidad del sistema se tiene un flujo laminar, para esto es necesario calcular el número de Reynolds mismo que nos indica que si su valor es superior a los 3000 tendremos un flujo turbulento y si tenemos un valor menor a los 2000 tendremos un flujo laminar, su fórmula viene descrita por (Domínguez, 2017, p. 57):

$$N_R = \frac{V * D}{\nu} \quad (2.6)$$

En donde

- N_R : es el número de Reynolds
- V es la velocidad del fluido en la manguera
- ν : es la viscosidad dinámica del aceite

2.1.11. Filtros

Los filtros permiten atrapar partículas que pueden afectar el funcionamiento, eficiencia y vida útil del sistema hidráulico. Es por esto por lo que los filtros son imprescindibles en un sistema hidráulico para prevenir la contaminación y alcanzar el nivel de limpieza requerido para el funcionamiento adecuado del sistema (Heras, 2011, p. 371).

Para determinar la contaminación del fluido se debe establecer el grado de impurezas que puede afectar el funcionamiento del sistema o de alguna de sus partes en un tiempo limitado. De acuerdo a Heras (2011, p. 371), está demostrado que el aceite contaminado causa más del 70% de las averías y paradas de los sistemas hidráulicos y de lubricación. Las partículas sólidas, resinas, aire y agua son las más frecuentes en los sistemas hidráulicos que se originan por:

- La contaminación añadida durante la fabricación y el montaje del sistema, los cilindros, latiguillos, las bombas y los motores, los bloques de válvulas, etc.
- La contaminación ingerida del ambiente a través de respiraderos ineficaces, por las aberturas de los depósitos, por fugas en las conexiones o por unos vástagos de los cilindros rayados o desprotegidos, etc.
- La contaminación inherente en el aceite nuevo.
- La contaminación generada internamente por el desgaste de los elementos del sistema.
- La contaminación indebida como consecuencia de la degradación del fluido hidráulico.

Los efectos de la contaminación son diversos, en todo el circuito hidráulico se produce un efecto a tomar en cuenta que se produce un efecto de desgaste acumulado pues al desprenderse provoca que esas partículas desprendan más partículas a su vez que van aumentando el desgaste en la tubería que las alberga (Heras, 2011, p. 371).

El aceite que está en constante contacto con el metal tiende a oxidarse, estas partículas metálicas actúan como catalizadores y junto con las partículas de agua que está presente en el ambiente por factores como la temperatura y a los escapes de los sistemas de refrigeración. El efecto de la oxidación se mezcla con el aceite y produce resinas de tamaño microscópico que no pueden ser eliminadas por las unidades de mantenimiento y que debido a esto deterioran la integridad del sistema hidráulico (Heras, 2011, p. 371).

Los filtros deben tener suficiente capacidad de retención para alargar los períodos de sustitución además tienen que ser accesibles y compatibles con el nivel de presión de la instalación hidráulica. El tamaño del filtro se escoge una vez determinado el grado de filtración necesario según la presión diferencial máxima admisible, la caída de presión depende del caudal de funcionamiento, por lo que los filtros se dimensionan utilizando el caudal de funcionamiento aumentado por un factor de multiplicación que oscila entre 1 y 4 (Heras, 2011, p. 372).

2.1.12. Juntas y sellos hidráulicos

Los sellos hidráulicos evitan las fugas en los distintos elementos del sistema hidráulico como en pistones, vástagos y bridas, con ello se logra disminuir la pérdida de presión en el sistema. Los sellos se pueden clasificar en 3 grandes grupos los dinámicos, los estáticos y los limpiadores, los sellos dinámicos son usados en elementos como el pistón, ejes rotativos y vástagos tomando en cuenta que todos estos elementos son móviles y mientras que los sellos estáticos son usados en juntas de anillo de la carcasa (Solé, 2007, p. 210).

La vida útil de cada sello depende de muchos factores, entre los que se encuentran la velocidad máxima, la temperatura máxima, la presión máxima del sistema hidráulico. Si se someten a altas temperaturas los sellos cambian el volumen del elastómero por lo que se vuelven más blandos, así mismo, si las temperaturas son demasiadas altas se corre el riesgo de que la estructura química del sello cambie y por ende se vuelva más duro (Solé, 2007, p. 213).

El material más usado para la fabricación de sellos suele ser una mezcla de PTFE y elastómeros, pero también se tienen con materiales como etileno acrílico, EDPM, silicona, nylon, poliuretano y goma natural. A continuación, se presenta la Tabla donde se muestra ciertas características de funcionamiento de distintos materiales para sellos hidráulicos:

Tabla 4-2: Características de los sellos hidráulicos según el material

Material	Temperatura	Observaciones
DuPont Dow Viton	-30 a 240 °C	Recomendado para petróleo, éster silicato, hidrocarburos halogenados.
Nitrilo (Buna-N)	-40 a 135°C	Buenas propiedades de operación, presenta alta resistencia a la tensión y a la abrasión y un bajo coste económico.
Nitrilo (Baja temperatura)	-65 a 120°C	Elastómero más empleado. Buenas propiedades de operación y un bajo coste económico.
Poliuretano	-40 a 105 °C	Utilizado en sistemas hidráulicos de alta presión en los que las partes comprimidas son sometidas a desgaste
Etileno propileno	-54 a 176 °C	Recomendado para éster fosfato, vapor de agua y cetonas.

Fuente: (Solé, 2007, p. 212)

2.1.13. Tanques o depósitos

Los depósitos son imprescindibles en todas las instalaciones hidráulicas, ya que están encargados de almacenar el fluido requerido por el sistema, proveer el aceite necesario durante el llenado inicial, y disipar el calor.

Un tanque en general tiene una tapa de llenado, que permite el ingreso del aceite; también posee una mirilla que permite observar el nivel de aceite; además posee un drenaje para la extracción de aceite en el cambio de aceite, tuberías de suministro y retorno para que al aceite fluya por el sistema. El tanque puede o no estar presurizado, si el tanque está presurizado, la presión atmosférica no afecta la presión en su interior (Dominguez, 2017, p. 79).

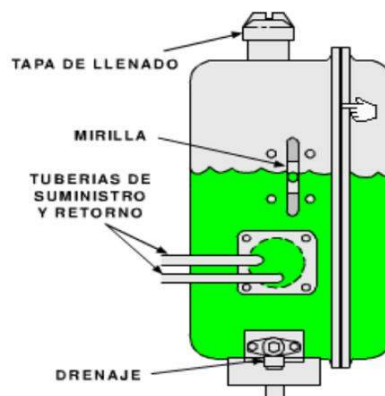


Ilustración 13-2: Partes más importantes de un tanque hidráulico

Fuente: (Dominguez, 2017, p. 78)

2.1.13.1. Factores para el diseño de tanques

Según Heras (2011, p. 369), si se requiere construir un depósito a medida, hay que tener en cuenta que éste debe:

- Incluir una barrera física en su interior, mediante una mampara, con una chapa perforada, etc., que impida que el aceite de retorno sea succionado inmediatamente por la bomba. La barrera también reduce el nivel de turbulencia.
- Colocar un punto de llenado y vaciado del sistema.
- Añadir como termómetros; tapones de ventilación del filtro; filtros de malla de succión; calentadores de resistencia, si los hay; indicadores de nivel visuales o eléctricos, etc.
- A veces se utiliza como estructura de soporte para estructuras tales como hidráulicas, motores eléctricos, bombas, filtros de presión y de retorno.
- En ninguna circunstancia, ingerir contaminación adicional.

2.1.13.2. *Capacidad y Tamaño del tanque*

Según Heras (2011, p. 370), para determinar el tamaño y capacidad del depósito se deben seguir una serie de reglas que se describen a continuación:

- Un número comprendido entre dos y cuatro de veces el caudal de la bomba, expresado en volumen por minuto con la finalidad de garantizar que el aceite pase en el depósito por un determinado tiempo que asegura que las partículas contaminantes se alojen al fondo del depósito.
- Un número comprendido entre dos y quince litros de capacidad por cada CV de potencia instalada, mencionando que cuando se trabaja con altas presiones se debe sobredimensionar.
- Por ejemplo, si la bomba suministra 100 litros por minuto, el recipiente ha de ser, como mínimo, de 300 litros de capacidad

2.2. Sistemas de Control

Un sistema de control es un arreglo de componentes cuyo propósito es comandar o regular la respuesta de una parte de un proceso, sus elementos de salida no requieren la intervención directa del operador. El operador controla el sistema manipulando niveles de potencia bajos llamado punto de ajuste (Daneri, 2019, p. 10).

2.2.1. *Válvulas reguladoras*

La principal función de las válvulas es abrir y cerrar el paso de fluido, aislar, conectar y desconectar entre sí diferentes partes de una instalación, regular el caudal transportado y cumplir con determinados servicios de seguridad, según la naturaleza de la válvula. Sus tamaños pueden variar desde una fracción de pulgada hasta más de un metro de diámetro, y pueden trabajar con rangos de presiones que van desde el vacío hasta más de 1.400 bares y temperaturas desde las criogénicas hasta los 800°C (Domínguez, 2017, p. 81).

El control de la unidad hidráulica se realiza a través de válvulas. En la válvula, la pérdida de presión no debe exceder el 4%. Existen muchos tipos de válvulas, entre las que tenemos: válvulas reguladoras de presión, válvulas de seguridad, válvulas reductoras de presión, válvulas estranguladoras, válvulas de distribución, válvulas reguladoras de caudal, válvulas de retención o válvulas de globo.

2.2.1.1. Tipos de Válvulas reguladoras

La velocidad y fuerza de un actuador depende del control de dos factores: presión y caudal, que a su vez ayudan a clasificarlos en 3 grandes categorías de válvulas, desglosadas como se muestra en el siguiente diagrama:

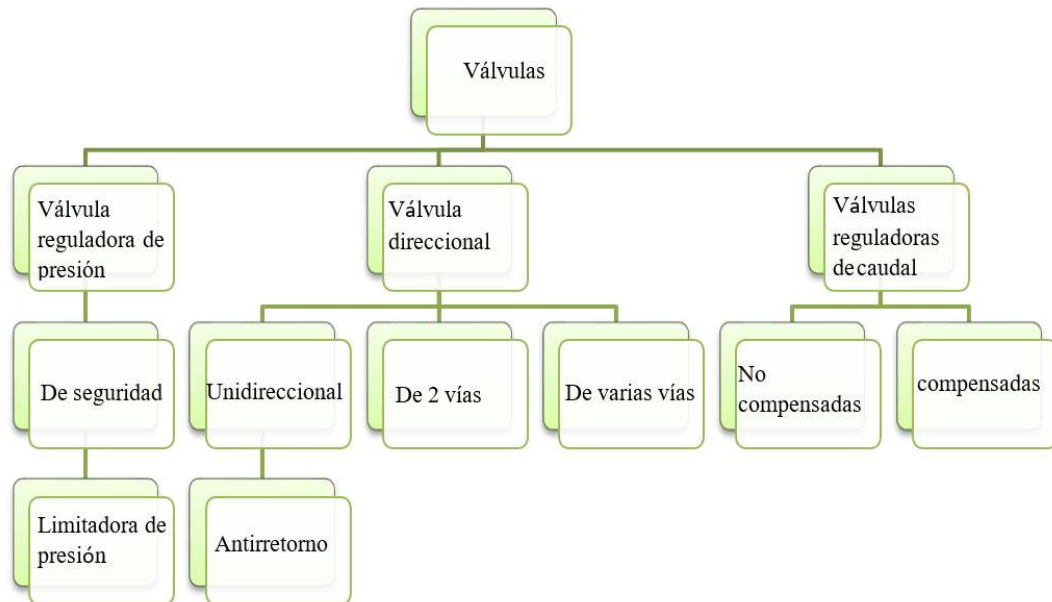


Ilustración 14-2: Clasificación de Válvulas

Fuente: (Domínguez, 2017, p. 81)

A continuación, se realiza una pequeña descripción de la clasificación de las válvulas:

- *Válvulas Reguladoras de presión:* Cumple la función de disminuir la presión del sistema a un valor determinado, cuando se alcanza este valor indicado la válvula limitadora de presión reacciona y conduce el caudal sobrante desde el sistema de vuelta hacia el tanque. Constan básicamente de casquillo, resorte, cono con pistón amortiguador o esfera y elementos de ajuste (Dalnero, 2020, p. 12).

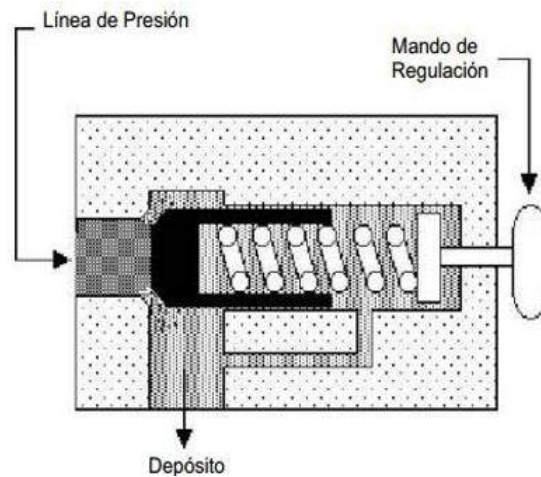


Ilustración 15-2: Válvulas reguladoras de presión abierta

Fuente: (Domínguez, 2017, p. 82)

- *Válvulas Reguladora de caudal* Las válvulas reguladoras de caudal permiten delimitar la cantidad de fluido por unidad de tiempo esto se consigue reduciendo la sección de paso; se pueden dividir básicamente 2 tipos de estas válvulas, las compensadas y las no compensadas (Domínguez, 2017, p. 83).

2.2.2. *Válvulas de control direccional*

Este tipo de válvulas de control corresponden a todas las válvulas con las cuales se puede comandar el arranque, la parada y el cambio de sentido del caudal de un fluido hidráulico (Ochochoque, Huapaya y Agrada, 2014, p. 142).

Estas válvulas están formadas por una serie de vías que se conectan con puertos según su posición de trabajo, y se identifican por el número de vías y posiciones posibles, Heras (2011, p. 364). Las válvulas direccionales ayudan a establecer la ruta del fluido considerando la dirección del mismo, las válvulas unidireccionales antirretorno hacen posible que el fluido pueda desplazarse solo en una dirección, mientras que las de dos o más vías permiten la distribución del fluido en diferentes líneas como señala Domínguez (2017, p. 82). A continuación, se detalla una breve clasificación de las válvulas direccionales:

- *Válvula 2/2 (2 vías – 2 posiciones)* es la válvula encargada de controlar la parada, el arranque y la dirección del caudal. La posición inicial de la válvula puede ser normalmente abierta N.A. o normalmente cerrada N.C., según sea la disposición del obturador y del resorte (Solé, 2007, p. 170).

- *Válvula 3/2 (3 vías – 2 posiciones)* Esta válvula es muy parecida a la válvula 2/2 con la diferencia que tiene 3 vías que durante la conmutación se conectan brevemente (Solé, 2007, p. 171).
- *Válvula 4/2 (4 vías – 2 posiciones)* Es semejante a la válvula 2/2 pero tiene 4 entradas, típicamente la entrada 3 se conecta a la bomba, las entradas 2 y 4 a los actuadores y la 1 al tanque (Solé, 2007, p. 171).
- *Válvula 4/3 (4 vías – 3 posiciones)* La configuración más usada es la 4/3 monoestable, ya que permite el accionamiento de cilindros de doble efecto y garantiza una única posición de reposo, además puede bloquear el actuador o mantenerlo desbloqueado, de forma que se pueda mover ejerciendo una fuerza externa.

En la siguiente ilustración se representa de manera esquemática las configuraciones de las válvulas direccionales, en función a su número de vías y posiciones.

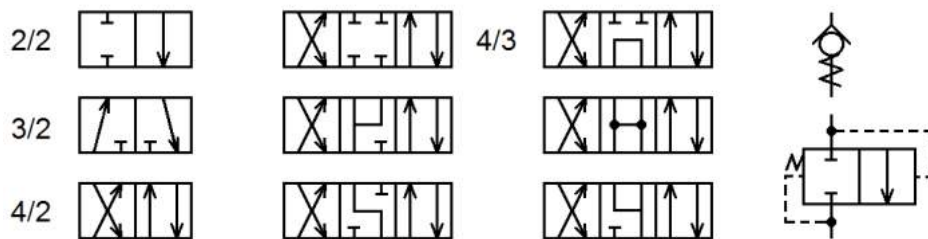


Ilustración 16-2: Tipo de válvulas direccionales

Fuente: (Daneri, 2019, p. 82)

2.2.3. Manómetro

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión atmosférica. El manómetro sirve para cuantificar medir y detectar la sobrepresión en la instalación. Este proceso se realiza mediante un muelle tubular o placa elástica. Estos dispositivos de medición se llenan con líquido (generalmente glicerina) para su amortiguación cuando debe medirse la presión en puntos con elevada carga dinámica (Armas y Torres, 2013, p. 37).

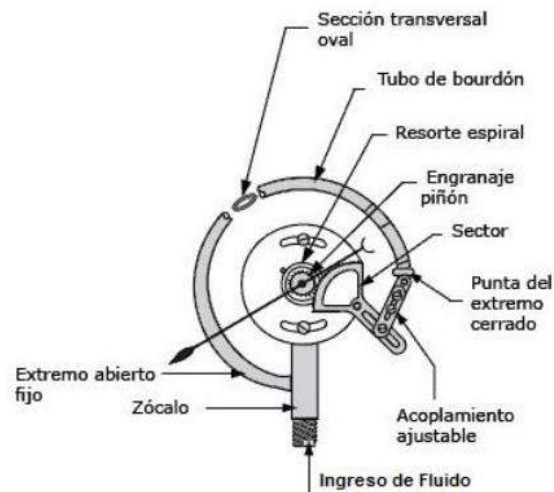


Ilustración 17-2: Manómetro Burdon

Fuente: (Armas y Torres, 2013, p. 37)

2.3. Soldadura

La American Welding Society (AWS) define a la soldadura como una coalescencia localizada de metales o no metales, producida mediante el calentamiento de los materiales a las temperaturas de soldadura requeridas, esto se puede realizar con o sin la aplicación de presión, y con o sin el uso de material de aportación (Jeffus, 2009, p. 5).

La soldadura es un proceso de unión de materiales en el cual se funde las superficies de contacto de 2 o más piezas mediante la aplicación de calor o presión, muchos procesos de soldadura se obtienen solamente por la aplicación de calor, sin aplicar presión, otros en cambio utilizan una combinación de calor y presión y otros únicamente aplican presión sin suministrar calor externo, en algunos procesos de soldadura se agrega un material de relleno para facilitar la fusión llamado también material de aporte (Analuiza, 2016, p. 11).

La energía calorífica funde los bornes de los materiales metálicos logrando conformar una sola pieza con una nueva red cristalina, por otro lado, cuando se aplica presión la ruptura de la capa de óxido entre las crestas se nivelan por la deformación plástica permitiendo el contacto de las superficies a unir, lo anterior se referencia para clasificar a la soldadura en 2 tipos por fusión y por presión (Cárdenas, 2009, p. 10).

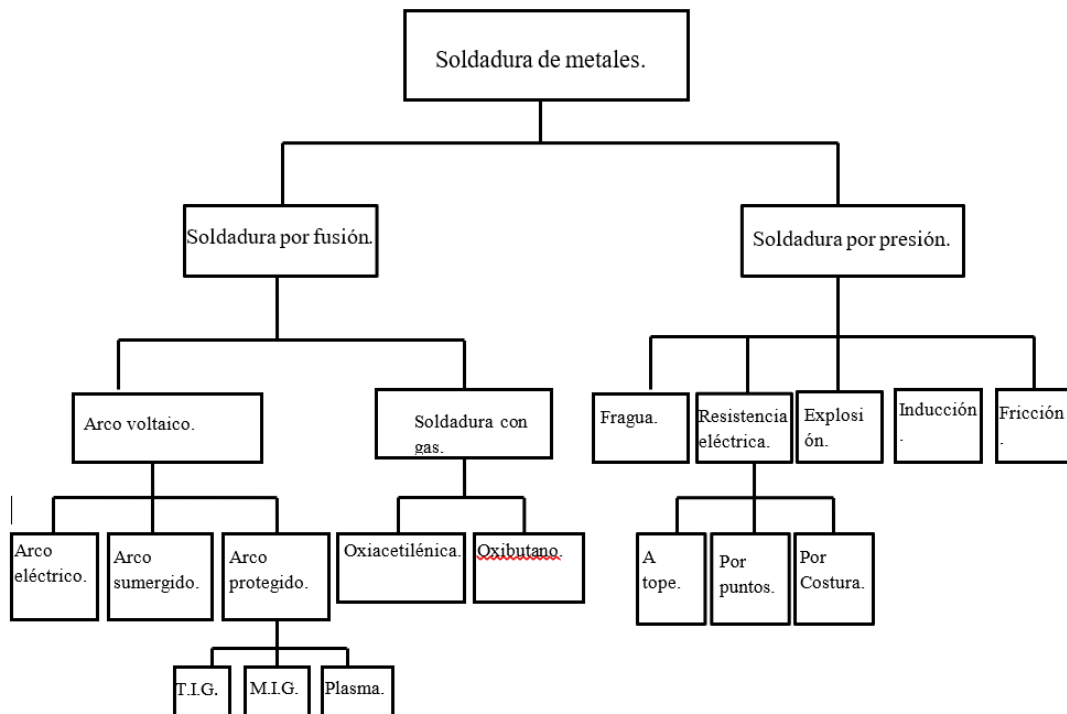


Ilustración 18-2: Tipos de soldadura

Fuente: (Cárdenas, 2009, p. 10)

En palabras más técnicas podemos decir que la soldadura es un proceso en el que se busca unir dos metales mediante una fusión localizada esta puede ser producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir; para posteriormente conseguir un cordón de soldadura que al enfriarse forman una unión con una resistencia mínima al del metal base (Analuiza, 2016, p. 11).

2.3.1. Equipos y circuito fundamental del proceso de soldadura

El primer equipo para la soldadura por arco eléctrico fue del tipo de corriente continua, se usó durante varios años y todavía se usa hoy en día para la soldadura por arco en el proceso de soldadura por arco revestido (SMAW) y la soldadura con gas tungsteno blindado (GTAW) porque en estos procesos es muy importante tener una corriente estable. El circuito básico para generar un arco se muestra en la ilustración 19-2 (Tapia, 2012, p. 8).

El siguiente diagrama muestra el amperaje suministrado por la fuente de alimentación o soldadora a medida que fluye a través del cable hasta que llega al electrodo que establecerá un arco contra el metal base, creando calor y derritiéndose en la pieza de trabajo (Cárdenas, 2009, p. 15).

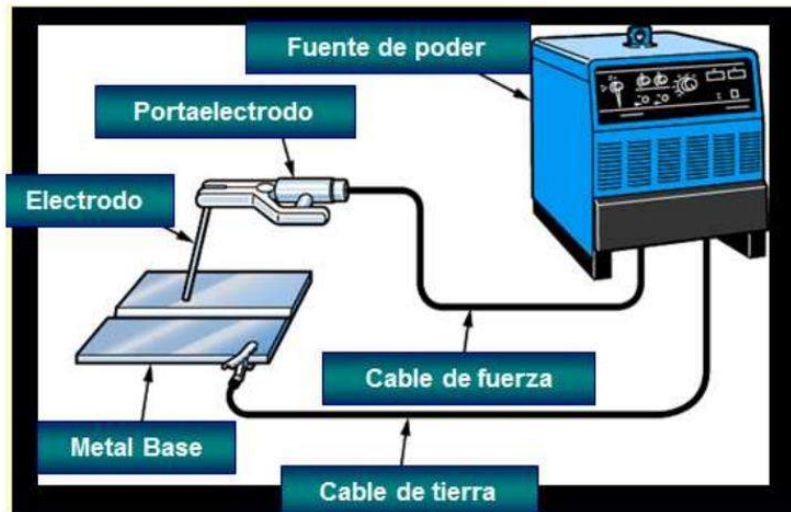


Ilustración 19-2: Esquema básico de la soldadura por arco eléctrico

Fuente: (Tapia, 2012, p. 8)

Para lograr buenos resultados en el proceso de soldadura se requiere de equipos de soldadura con regulación de corriente, control de potencia, facilidad de uso y seguridad de acuerdo a Tapia (2012, p. 8). Los equipos de soldadura por arco se pueden dividir en tres tipos básicos:

- Equipo de corriente alterna (CA).
- Equipo de corriente continua (CC).
- Equipo de corriente alterna y corriente continua combinada

2.3.2. Tipo de juntas soldadas.

Según Díaz (2018, p. 6), en soldadura, la forma en que se colocan las piezas a unir se denomina unión tipo unión o soldadura tipo unión, existen cinco tipos básicos de unión, las cuales se pueden identificar en la Ilustración :

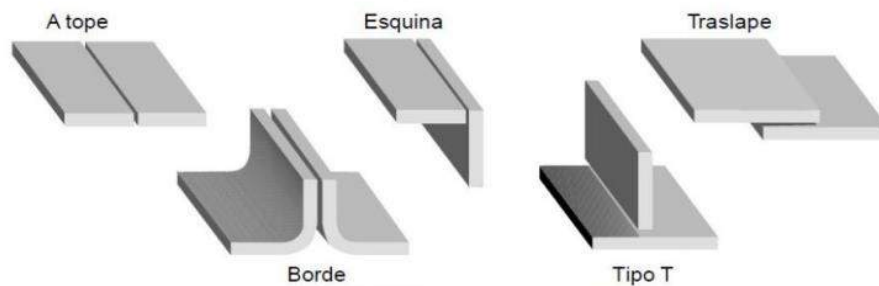


Ilustración 20-2: Tipo de juntas soldadas

Fuente: (Díaz, 2018, p. 6)

- *Unión a tope*: Este tipo de junta soldada es usada en todos los procesos de soldadura o en su gran mayoría puesto que cuando se sueldan las placas situadas en el mismo lado esta unión produce un bajo índice de tensiones y deformaciones; para placas con espesor superior a los 6.35mm se hace un biselado, en la Ilustración de a continuación podemos observar varios tipos de soldadura a tope con su respectiva representación y símbolo.

Designación	Representación	Símbolo
Soldadura a tope con los flancos rectos		
Soldadura a tope en V simple		
Soldadura a tope en V simple con talón de raíz amplio		
Soldadura a tope en bisel simple		
Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio		
Soldadura a tope en U simple		

Ilustración 21-2: Tipos de soldadura a tope

Fuente: (Abad, 2020, p. 14)

- *Unión en T*: Este tipo de unión o junta consiste en la unión de dos chapas situadas en distinto plano ya sea ortogonales o bien superpuestas, en este tipo de juntas se utiliza un metal de relleno para proporcionar una sección transversal de la forma de un triángulo. (Cárdenas, 2009, p. 66).
- *Unión en traslape*: La junta soldada de traslape son aplicables en posición rectas o con placas biseladas, estas uniones forman entre sí un ángulo aproximadamente recto en una unión a traslape (Cárdenas, 2009, p. 66).
- *Unión en ángulo*: este tipo de juntas se posicionan en diferentes ángulos, y precisamente por esas uniones, se sueldan los bordes. Regularmente se utilizan para aquellas piezas que serán sometidas a algún tipo de presión (Díaz, 2018, p. 8).
- *Unión en borde*: Es la unión entre bordes de dos o más miembros paralelos o cercanamente paralelos, se lo realiza con soldadura de acetileno o con proceso GTAW, esta soldadura se la debe realizar en posición horizontal, para que los gases de la soldadura protejan la unión de las placas (Abad, 2020, p. 15).

2.3.3. *Proceso de soldadura SMAW.*

La A.W.S. (Sociedad Americana de Soldadura) se identifica con las siglas S.M.A.W. (Blindaje, metal, arco, soldadura) Se refiere a la soldadura de un arco metálico blindado por un electrodo revestido y lo define como un método de unión de dos partes metálicas usando un material de aporte comúnmente llamado electrodo revestido (Cárdenas, 2009, p. 15).

Según Tapia (2012, p. 6) la soldadura SMAW implica crear y mantener un arco entre una varilla de metal recubierta llamada electrodo y el material base a soldar. La transferencia del electrodo al metal base ocurre a través del campo eléctrico creado por la intensidad o amperaje de la corriente. En un circuito formado por electrodos y un arco, la corriente depende del voltaje y la resistencia del circuito.

El proceso se lleva a cabo sin presión, evitando la ruptura del revestimiento del electrodo y utilizando el relleno de los electrodos. El flujo del proceso de soldadura SMAW se muestra en la siguiente ilustración.

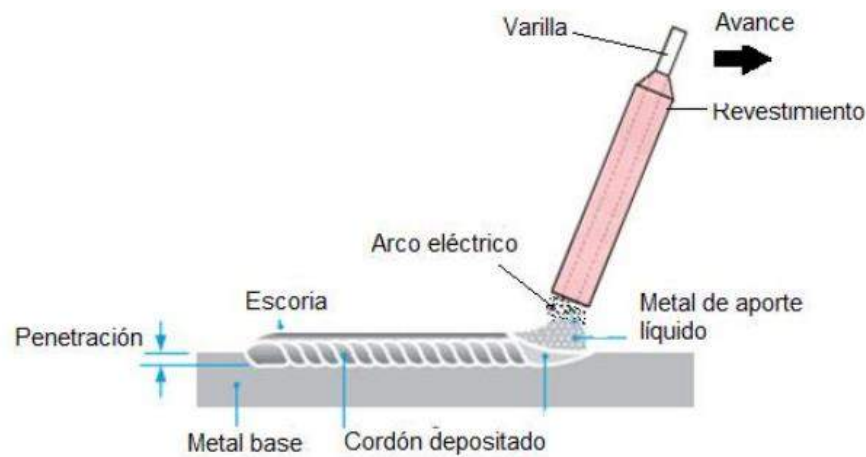


Ilustración 22-2: Soldadura por arco eléctrico

Fuente: (Cárdenas, 2009, p. 16)

El exterior de los electrodos de arco produce temperaturas cercanas a los 3500°C, lo cual es necesario para fundir todo tipo de metales base de acuerdo a Cárdenas (2009, p. 15). El calor producido por el arco es intenso y beneficioso para la operación de soldadura. El calor ayuda a crear una mezcla entre el metal base y el electrodo revestido, creando un baño de soldadura que se endurece con el tiempo (Tapia, 2012, p. 6).

2.3.4. *Material base*

Existe gran variedad de materiales en la clasificación de los aceros que pueden utilizarse en ensayos destructivos muchos de estos se los pueden encontrar en la AWS D1.1. dentro de los

criterios para encontrar los materiales base adecuados la norma establece que el límite elástico mínimo del material base no debe exceder los 50 KSI o 345 MPa. Además, se sugiere que antes de llevar a cabo el soldado el material base no tenga algún tipo de revenido o templado, procesos térmicos o algún tipo de trabajo en frío.

En la Tabla 5-2: Materiales base aprobados para WPS se muestra algunos de los materiales que la AWS D1.1 sugiere para la utilización de materiales base:

Tabla 5-2: Materiales base aprobados para WPS

Material	Especificación del acero	Punto elástico mínimo		Rango de tracción	
		KSI	MPa	KSI	MPa
ASTM A36	≤ 3/4 pulg. [20 mm]	36	250	58–80	400–550
ASTM A53	Grado B	35	240	60 min.	415 min.
ASTM A106	Grado B	35	240	60 min.	415 min.
ASTM A131	Grados A, B, D	34	235	58–75	400–520
ASTM A139	Grado B	35	240	60 min.	415 min.
ASTM A381	Grado Y35	35	240	60 min.	415 min.
ASTM A500	Grado A	39	270	45 min.	310 min.
ASTM A501	Grado A	36	250	58 min.	400 min.
ASTM A516	Grado 55	30	205	55–75	380–515
ASTM A524	Grado I	35	240	60–85	415–586
ASTM A573	Grado 65	35	240	65–77	450–530
ASTM A709	Grado 36	36	250	58–80	400–550
ASTM A1008	Grado 30	30	205	45 min.	310 min.
ASTM A1011	Grado 30	30	205	49 min.	340 min.
ASTM A1018	Grado 30	30	205	49 min.	340 min.
API 5L	Grado B	35	241	60 min.	414 min.

Fuente: (AWS D1.1, 2020, p. 70)

2.3.5. *Material de aporte.*

La soldadura por arco comenzó a principios del siglo XX, cuando los electrodos se fabricaban únicamente con varillas de acero. En estas condiciones, el metal fundido expuesto reacciona libremente con el oxígeno y el nitrógeno del aire y se convierte en un material metálico quebradizo a medida que se enfría (Cárdenas, 2009, p. 14).

En la soldadura por arco eléctrico protegido, el material de aporte también conocido como electrodo presenta un revestimiento o recubrimiento el cual ayuda a estabilizar el arco eléctrico y proporciona una atmósfera protectora a la soldadura, los recubrimientos suelen ser empleado para que no se formen óxidos y otros contaminantes que perjudican la unión soldada durante y después del proceso de acuerdo a Cárdenas (2009, p. 25). Según la AWS D1.1 los materiales de aporte a utilizar dependen del tipo de material base que se esté utilizando, a continuación, se presenta los materiales de aporte utilizables para los metales base de la Tabla

Tabla 6-2: Materiales de aporte

Tipo de soldadura	Grupo del metal base	I
SMAW	Aceros al carbono A5.1	E60XX E70XX
	Acero de baja aleación A5.5°	E70XX-X
GMAW	Aceros al carbono A5.18	ER70S-XXX E70C-XC E70C-XM No se utiliza electrodos -GS
	Acero de baja aleación A5.28°	ER70S-XXX E70C-XXX

Fuente: (AWS D1.1, 2020, p. 73)

En la actualidad los electrodos utilizan como recubrimiento una pasta de polvo y aglomerante, de tal forma que al fundirlos producen escoria, evitando de esta manera el acceso del aire al baño de metal fundido y mejorando algunas características de la unión soldada (Cárdenas, 2009, p. 14).

En pocas palabras el objetivo del revestimiento es la protección del metal a través de la generación de gas de la escoria, además suministra desoxidante, como elementos de aleación. Para la selección del material de aporte se debe considerar que la resistencia del electrodo debe ser al menos igual a la resistencia del material base, pero también es necesario analizar varias características de la unión a realizar, según los apuntes de Cárdenas (2009, p. 25) los factores que hay que considerar para la selección de los electrodos son:

- La naturaleza del metal base
- características del cordón de soldadura
- resistencia a la corrosión
- resistencia a la tracción

- ductilidad, entre otros.

2.3.6. Posiciones de soldadura

La posición de soldadura es la ubicación del eje de soldadura en los diferentes planos a soldar, existen 4 posiciones básicas que requieren del conocimiento y perfecta destreza del soldador, puede identificar el tipo de posición de soldadura en la siguiente imagen (Abad, 2020, p. 12).

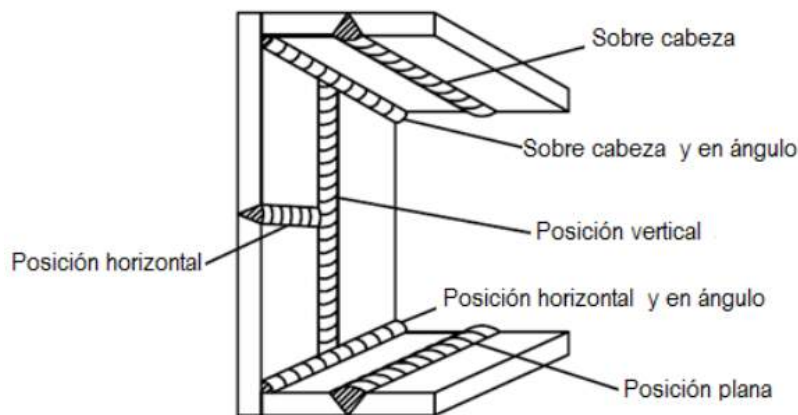


Ilustración 23-2: Posiciones de soldadura

Fuente: (Cárdenas, 2009, p. 18)

- *Posición plana.* - en esta posición de soldadura el material a soldar está en posición plana y el material del electrodo va con la punta hacia abajo (Abad, 2020, p. 12).
- *Posición horizontal.* - es aquella posición donde el material a soldar está colocado sobre un plano vertical y la soldadura va en posición horizontal, el material del electrodo se extiende de manera horizontal (Abad, 2020, p. 12).
- *Posición vertical.* - es aquella donde el material a soldar en posición vertical, el material del electrodo se coloca aproximadamente horizontal y perpendicular al eje de la soldadura (Abad, 2020, p. 13).
- *Posición sobre cabeza.* - en esta posición de soldadura se coloca la pieza a soldar a una altura sobre la cabeza y el material del electrodo apunta hacia arriba de forma vertical o inclinada (Abad, 2020, p. 13).

2.4. Ensayo en juntas soldadura

Tras de realizar el procedimiento de soldadura, se deben realizar varias pruebas para verificar la calidad de la sarta de soldadura y cualquier rotura identificada. Las pruebas para realizar deben seleccionarse de acuerdo con los requisitos y recomendaciones de la norma más estricta elegida como guía. La elección de la prueba depende del tipo de conexión y del espesor de la placa. Las pruebas se pueden dividir en pruebas destructivas y no destructivas de acuerdo a (Caicedo, 2012, p. 34). Los resultados de estas pruebas o ensayos serán las propiedades mecánicas de dicho material (Analuiza, 2016, p. 29).

2.4.1. Ensayos no destructivos.

Son varios ensayos que se realizan a los materiales sin cambiar permanentemente sus propiedades mecánicas, físicas, dimensionales o químicas. Su propósito es detectar discontinuidades superficiales e internas en materiales, soldaduras, uniones y piezas fabricadas. Hay varios ensayos no destructivos como (Sinmaleza, 2021, p. 20):

2.4.1.1. Líquidos penetrantes

Es una prueba con la que se consiguen detectar imperfecciones superficiales en materiales no porosos tanto en materiales metálicos como en materiales no metálicos (Sinmaleza, 2021, p. 20).

2.4.1.2. Radiografía

Este tipo de prueba verifica las discontinuidades internas en los materiales. Se usan técnicas como la radiografía digital, la automática y la digitalización de las radiografías (Sinmaleza, 2021, p. 20).

2.4.1.3. Partículas magnéticas

Este método ayuda a detectar la discontinuidad debajo de la superficie de las juntas soldadas. Para realizar esta prueba, se magnetizan las soldaduras y se rocían encima partículas finas de metal ferromagnético. Si se desarrolla un campo de fuga en la superficie que atrae el polvo de hierro, es porque tiene una discontinuidad (Sinmaleza, 2021, p. 21).

2.4.1.4. Inspección visual

Este tipo de evaluaciones se lo debe realizar antes, durante y luego de realizar un cordón de soldadura. A pesar de ser muy básico, tiene una gran importancia por ser el ensayo con el cual se

revisa todo el proceso de soldadura desde su fase de preparación hasta ser terminado (Caicedo, 2012, p. 34).

Esto lo puede hacer primero el soldador, luego el capataz y finalmente el inspector de soldadura. Además, esta prueba se puede utilizar para determinar si hay discontinuidades en la superficie que están fuera de tolerancia.

Esta prueba incluye la inspección de la preparación de la soldadura, la preparación de la raíz de la junta, la secuencia de la soldadura y la apariencia general de la soldadura. Los inspectores experimentados pueden evaluar si existe una discontinuidad externa observando la apariencia de la discontinuidad o incluso escuchando atentamente el sonido producido durante el proceso de soldadura (Caicedo, 2012, p. 35).

La prueba se puede realizar directamente con el ojo humano, o se pueden usar herramientas como una linterna y una lupa para mejorar la visibilidad. Si la muestra no cumple con los requisitos mínimos de la inspección visual, debe ser destruida inmediatamente (Caicedo, 2012, p. 35).

2.4.2. Ensayos destructivos.

Las pruebas destructivas se utilizan para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los materiales (generalmente metales) bajo condiciones de tensión y deformación durante la operación real. Este tipo de prueba degrada la pieza de prueba y la muestra puede sufrir una deformación local, una deformación parcial o una fractura completa de la muestra (Abad, 2020, p. 19).

Hay varios ensayos destructivos como: ensayos químicos, ensayos metalográficos, ensayos de dureza, ensayos de impacto ensayos de tracción, ensayos de fatiga, ensayo de dobles guiado entre otros, a continuación, se menciona algunos de estos tipos de ensayos (Abad, 2020, p. 20).

2.4.2.1. Ensayo de tracción

El ensayo consiste en aplicar una fuerza axial a la probeta hasta su rotura. La velocidad de deformación aplicada debe ser baja para evitar la distorsión de los resultados. Durante la prueba de tracción, se miden la resistencia y el alargamiento de la muestra (Sinmaleza, 2021, p. 21).

2.4.2.2. Ensayo de impacto

Este ensayo se ejecuta en máquinas denominados martillos Charpy, este ensayo ayuda a identificar el comportamiento de los materiales al ser golpeadas por una masa concreta a la que cae desde altura establecida (Sinmaleza, 2021, p. 21).

2.4.2.3. Ensayo de doblado

El ensayo de doblado consiste en someter una probeta a esfuerzos de flexión superiores al límite elástico, hasta que ésta alcanza una determinada geometría establecida en una norma.

2.5. Especificaciones para el ensayo de doblado

El ensayo de doblado en juntas soldadas busca encontrar grietas que se verifican visualmente en la cara sometida a tracción; la probeta es aceptada si no aparecen grietas a simple vista en la cara traccionada o si las grietas no superan determinado tamaño (Ruiz, 2006, p. 72).

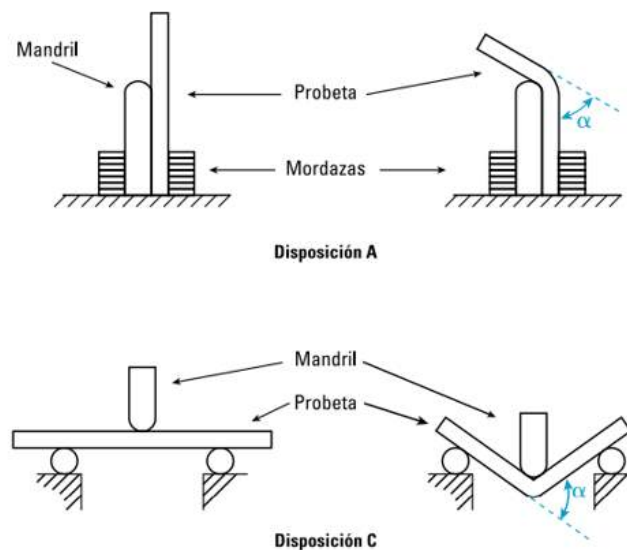


Ilustración 24-2: Disposición de las probetas para realizar el ensayo de doblado

Fuente: (Ruiz, 2006, p. 73)

El ensayo de doblado se lo realiza en prensas hidráulicas con probetas estandarizadas y es sumamente importante, ya que nos ayuda a identificar cual es la calidad y la ductilidad de la junta soldada sin fracturarse. En la actualidad existen varios tipos de ensayos de doblado, estos principalmente dependen de la orientación de la soldadura respecto al doblado. Los ensayos de doblado más importantes son (Sinmaleza, 2021, p. 21):

- El ensayo de doblez libre consiste en colocar la pieza sobre un tornillo de banco y ejercer una fuerza sobre ella con una prensa para doblarla.
- El doblez guiado se realiza sobre probetas estandarizadas en un émbolo o punzón, forzando a la probeta a flexionarse lentamente adaptándose a la forma del punzón.
- Los dobleces semiguidados son similares a los dobleces guiados, excepto que la muestra no se presiona contra el pilar. El doblado por envoltura consiste en envolver el material alrededor de un pasador de cierto diámetro sin que se agriete.

La aceptación de los resultados obtenidos en esta prueba depende de los criterios que se cumplan para toda la calificación, ya que las limitaciones dependen de la naturaleza del trabajo a realizar de acuerdo a Caicedo (2012, p. 43). hay que considerar varios elementos importantes para este ensayo: tipo de probeta, numero, geometría y dimensiones de la probeta, colocación de la muestra y dimensionamiento del dispositivo de ensayo de Abad (2020, p. 20). Siguiendo la línea de investigación es necesario considerar los ensayos de doblado para esto se describe tanto la norma ASTM 190-92 y la norma AWS B4.0.

2.5.1. Ensayo de doblez guiado según la norma ASTM E-190-92

Este ensayo pretende realizar pruebas de curvatura guiada por rodillos, esto con el fin de determinar la calidad, solidez y ductilidad de las juntas soldaduras que aparecen en la superficie de las probetas sometidas a este ensayo (Abad, 2020, p. 20).

Este ensayo muestra defectos que no pueden determinarse en la prueba de rayos X, durante el ensayo de doblado las grietas pueden aparecer en la superficie de un espécimen cuando se somete a un sobreesfuerzo localizado progresivo. Esta prueba de flexión guiada se ha desarrollado principalmente para placas (ASTM E 190-92, 1997, p. 1).

2.5.1.1. Descripción del ensayo

Consiste en colocar una placa de manera equidistante sobre una matriz en forma de U luego se aplica una carga en el centro de la placa justamente donde se encuentra la soldadura, el espécimen es forzado a entrar en la matriz por un émbolo que tiene la forma necesaria para producir la geometría deseada. Pueden utilizarse medios convenientes para mover el émbolo con relación a la matriz; Pero debe ser constante y sin ningún movimiento lateral significativo. Finalmente se examina la parte convexa de la placa con el fin de verificar si tiene grietas o algún otro defecto visible (ASTM E 190-92, 1997, p. 1).

2.5.1.2. Dimensiones de equipos y probetas para el ensayo

En la siguiente ilustración se muestra las dimensiones de algunos elementos necesario para realizar el ensayo de doblado en juntas soldadas.

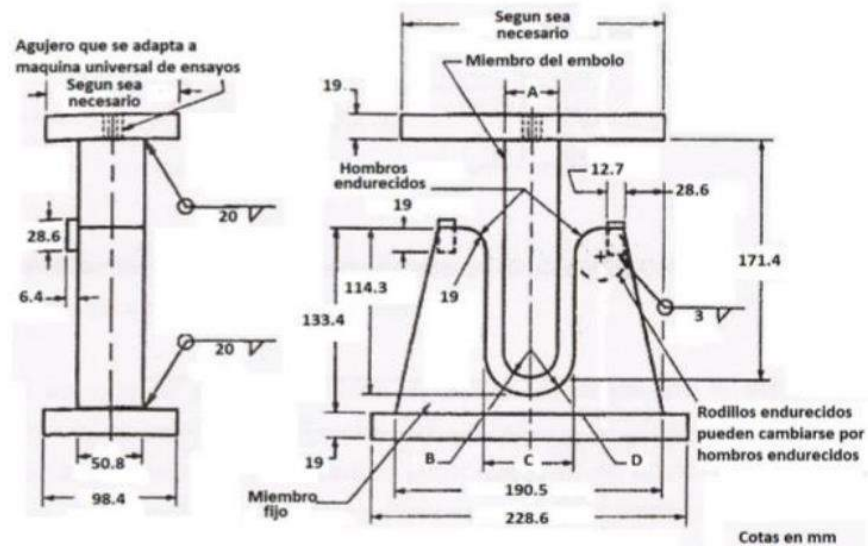


Ilustración 25-2: Dimensiones de equipos para ensayo de doblado según ASTM

Fuente: (Abad, 2020, p. 21)

Las dimensiones de algunos elementos van variando, dependiendo del espesor de la placa a ensayar tal y como se cómo se presenta en la siguiente tabla

Tabla 7-2: Dimensiones de equipos según espesor de la placa

Espesor de probetas	Distancia entre rodillos de apoyo	Radio del punzón	Diámetro de rodillos de apoyo
mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)
3.18 (1/8)	60.36 (2 3/8)	27 (1 1/16)	≥38 (1 1/2)
6.35 (1/4)	60.36 (2 3/8)	23 (29/32)	≥38 (1 1/2)
9.53 (3/8)	60.36 (2 3/8)	19 (3/4)	≥38 (1 1/2)

Fuente: (Abad, 2020, p. 23)

Existen varios tipos de probetas para este ensayo, las muestras dependen del tipo de doblado y la colocación de la placa en el mandril, entre las más destacadas tenemos:

2.5.1.3. Probetas según ASTM E190

La soldadura es transversal en la probeta que se va a ensayar cuando una de sus superficies se convierte en convexa una vez doblada. Los tipos de especímenes que se usan generalmente para las pruebas de doblado guiado son los rectangulares maquinados a partir de placas y tuberías.

A continuación, se presenta las dimensiones longitudinales y transversales de las probetas para realizar el ensayo de doblado donde se considera que la longitud de la probeta es de 152.4 mm el ancho es de 38.1 y el espesor se lo considera hasta máximo 38 mm

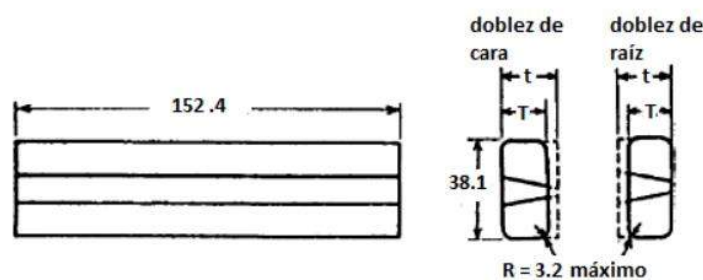


Ilustración 26-2: Dimensiones de probetas para doblado de cara

Fuente: (López, 2017, p. 8)

2.5.1.4. Interpretación de resultados

Realizado por inspección visual de especímenes doblados en busca de grietas u otras imperfecciones. Si la prueba realizada tiene criterios de aceptación, el tamaño de fisura permisible se especificará en el código o reglamento que requiera la prueba. Con fines informativos, durante la prueba se debe informar sobre el tamaño y la ubicación de cualquier grieta visible a simple vista (Abad, 2020, p. 23).

2.5.2. Ensayo de doblado guiado según la norma AWS B4.0

La especificación AWS B4.0 tiene en cuenta todos los requisitos para el diseño de uniones soldadas compuestas por elementos tubulares o no tubulares. Por otro lado, la AWS B4.0 cubre la prueba de doblado de soldaduras de filete, soldaduras de ranura en juntas a tope y la prueba de flexión de superficies soldadas. Esta norma proporciona los requisitos para la preparación de la muestra, los parámetros y procedimientos de prueba, pero no especifica los criterios de aceptación., además esta norma se lo puede aplicar para la calificación de materiales, personal de soldadura y procedimientos de soldadura también sirve para crear información,

especificaciones de aceptación y controles de calidad en la fabricación de juntas soldadas (Abad, 2020, p. 24).

Según la AWS B4.0 (2016, p. 1) cuando se utilice esta norma, es importante especificar la siguiente información:

- La ubicación específica y la orientación de los especímenes
- Los tipos específicos de pruebas, por ejemplo, curvatura frontal, curvatura lateral o curvatura de raíz y el número de especímenes requeridos
- Radio de curvatura y espesor del espécimen (T), o porcentaje (%) de elongación
- Tratamientos de procesamiento térmico o mecánico posteriores a la soldadura, según corresponda.

2.5.2.1. Descripción del ensayo

Los especímenes son guiados en el proceso de doblado por un dispositivo de prueba que emplea un mandril con rodillo envolvente o soportes finales con un émbolo. La fuerza se aplica hasta conseguir la geometría deseada, la tensión máxima en la superficie de tensión está controlada por el espesor de la muestra y el radio de la mandril o émbolo (Abad, 2020, p. 24).

2.5.2.2. Dimensiones de los equipos según la AWS

Los especímenes de doblado guiado pueden ensayarse en un tipo de accesorio de curva guiada, que está diseñado para soportar y cargar la muestra en un modo de flexión de tres puntos. El accesorio de curva guiada deberá tener las dimensiones dadas.

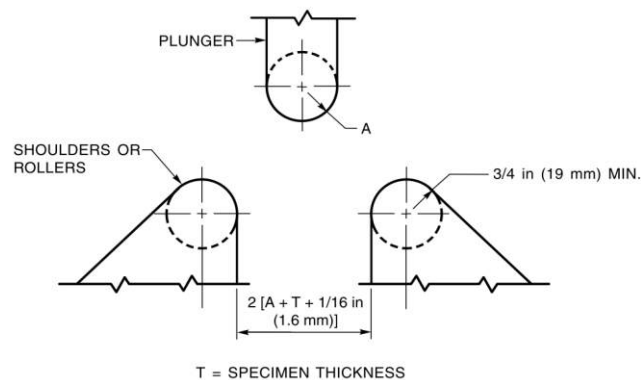


Ilustración 27-2: Dimensiones de equipos para ensayo de doblado

Fuente: (AWS, 2016, p. 5)

Donde:

- A es el radio del embolo o punzón
- T es el espesor de la muestra

Es importante mencionar que las tolerancias indicadas son útiles para el mecanizado de las probetas de acuerdo a Abad (2020, p. 25). Continuación se presentan algunas sugerencias para realizar el ensayo de doblado:

- Los rodillos deben estar endurecidos, tratados térmicamente, lubricados y cortados libremente. La longitud del rollo debe ser de al menos 50 mm para acomodar la muestra de prueba.
- Los rodillos deben ser lo suficientemente altos para que la muestra no choque con el sustrato cuando se baja el punzón.
- El punzón debe estar fijo a la máquina de ensayos, esto con el fin de minimizar la deflexión y des alineamiento.

2.5.2.3. Dimensiones de las probetas según la AWS B4.0

Los especímenes de prueba de doblado se deben preparar cortando la soldadura y el metal base para formar un espécimen rectangular de sección transversal. Para dobleces transversales, las superficies cortadas transversalmente a la soldadura se designarán como los lados del espécimen. Para especímenes longitudinales, las superficies longitudinales que se cortaron para formar el espécimen se designarán como los lados del espécimen y pueden o no contener metal de soldadura.

Los especímenes transversales pueden tener el lado, la cara o la raíz de la soldadura como superficie de tensión. Los especímenes longitudinales pueden tener la cara o la raíz de la soldadura como la superficie de tensión del espécimen (AWS B4.0, 2016, p. 2).

Por lo general, se recomienda que el espesor de la muestra de prueba de doblado, T, sea de 3/8 pulg. $\pm 1/64$ pulg. (9.53 mm $\pm 0,40$ mm) a menos que dictado de otro modo por el espesor del material, el equipo disponible o la especificación aplicable (AWS B4.0, 2016, p. 2).

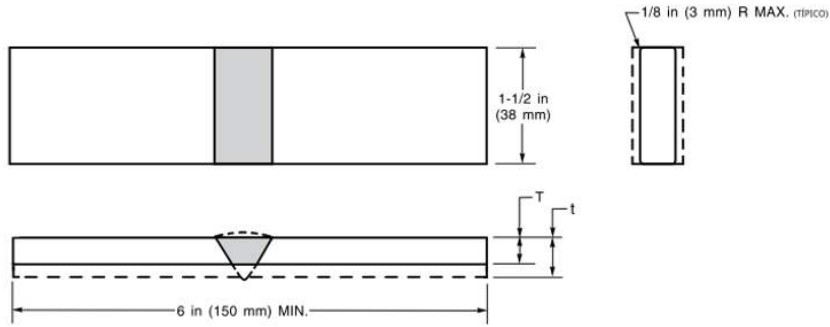


Ilustración 28-2: Dimensiones de probetas para doblado de cara

Fuente: (AWS B4.0, 2016, p. 9)

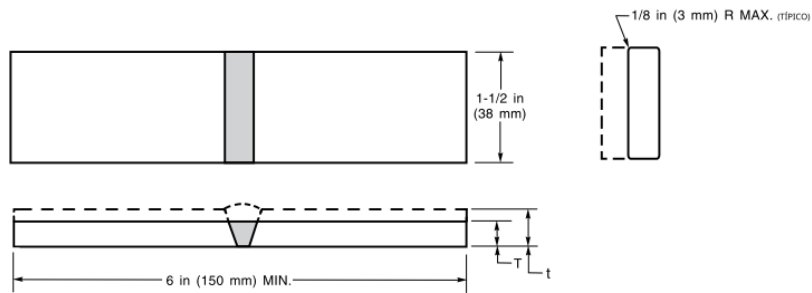


Ilustración 29-2: Dimensiones de probetas para doblado de raíz

Fuente: (AWS B4.0, 2016, p. 9)

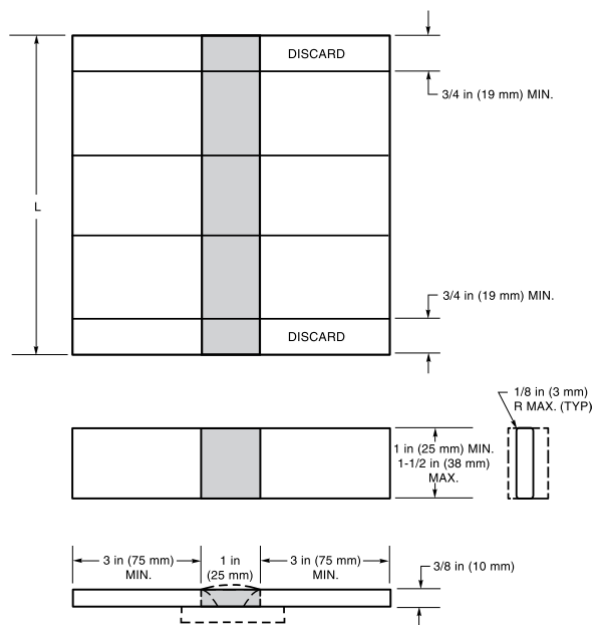


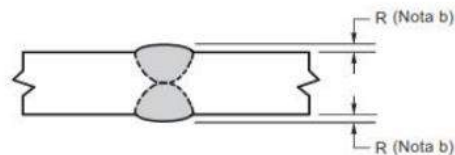
Ilustración 30-2: Dimensiones de las probetas con espesor de 3/8 de pulgada

Fuente: (AWS, 2016, p. 12)

2.5.3. Criterios de aceptación de la soldadura y de la WPS

Para la validación del proceso de soldadura la AWS D1.1 plantea algunos criterios que varían en función a las dimensiones de las probetas, así como del tipo de junta que se realiza, estos criterios de evaluación deben ser respetados para que la junta soldada pueda ser aceptada:

- No se debe encontrar ni aceptar grieta alguna, sin importar el tamaño que está presente
- Es importante aplicar relleno a todos los cráteres que se puedan encontrar a lo largo de la junta soldada
- Si la junta soldada tiene refuerzo, este, no debe exceder de los 3mm o 1/8 pulgada.
- La socavación existente no debe ser mayor a 1 mm o 1/32 de pulgada.
- Es necesario realizar una inspección de la raíz de la soldadura de las ranuras con CJP y no deben tener ninguna grieta, fusión incompleta o penetración inadecuada de la junta.
- Para las ranuras con CJP soldadas desde un lado sin respaldo, la concavidad de la raíz o perforación por fusión debe cumplir



(D) PERFIL DE SOLDADURA DE RANURA ACEPTABLE

^b El refuerzo R no deberá superar 3 mm [1/8 pulg.] (véase 3.6.2).



(E) PERFILES INACEPTABLES DE SOLDADURAS DE RANURA EN JUNTAS A TOPE

Ilustración 31-2: Criterios de aceptación y rechazo en juntas soldadas

Fuente: (Caicedo, 2012, p. 87)

2.5.4. Criterio de aceptación para ensayos de doblado

Según López (2017, p. 24) en la superficie de forma convexa de la probeta para el ensayo de doblado deberá ser sometida a una examinación visual para detectar discontinuidades superficiales. Se establece que el criterio de aceptación establece que la superficie no permite discontinuidades que se encuentren fuera de las siguientes dimensiones:

- Sobre cualquier dirección de la superficie la medida no debe sobrepasar los 3 mm.
- La suma de las dimensiones mayores no debe sobrepasar los 10 mm de todas las discontinuidades mayores que 1 mm, pero menores o iguales que 3 mm
- La máxima fisura en las esquinas de la probeta plegada no mayor a 6 mm, excepto cuando dicha fisura resulte de una inclusión de escoria visible u otro tipo de discontinuidad relacionada con la fusión, en este caso es necesario aplicar un máximo de 3 mm
- Todos los casos que presenten fisuras en las esquinas con una longitud mayor a 6 mm, en la que no se evidencien imperfecciones como de inclusiones de escoria u otro tipo de discontinuidades de fusión, deberán ser descartadas y cambiadas por probetas que corresponda a la soldadura original de la calificación.
- La socavación deberá ser menor o igual que 1mm y el refuerzo o sobre monta de la cara de la soldadura deberá ser menor o igual que 3mm
- Para finalizar el caso de soldadura PJP Y CJP deben estar basadas en las especificaciones.
- No se considera de importancia las discontinuidades ubicadas en las esquinas, siempre y cuando no exista evidencia significativa de que proceden de faltas de fusión, inclusiones de escoria u otras discontinuidades internas.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo se abordará la selección, dimensionamiento y diseño de equipos y elementos mecánicos que conformarán la unidad de potencia hidráulica. Para esto nos basaremos en la metodología creada por la asociación de Ingenieros Alemanes VDI 2225.

Para encontrar la solución más adecuada es necesario plantear correctamente cuáles son los problemas que se deben solucionar, esto se logra a través de la identificación de requerimientos que la solución debe cumplir, luego se plantean varias alternativas para satisfacer los problemas planteados. Las posibles soluciones se comparan mediante criterios que dependen en gran medida de los requerimientos planteados inicialmente; finalmente, se identifica qué alternativa satisface todas las necesidades de los usuarios.

3.1. Metodología VDI

Esta norma fue creada por la asociación de Ingenieros Alemanes VDI (Verein Deutscher Ingenieure), la metodología VDI proponen un modelo en el diseño de productos, partiendo de requerimientos, modelos conceptuales, matrices, morfologías, hasta llegar al concepto del producto (Gómez 2018) pág. 3, la ilustración de a continuación muestra la secuencia de pasos que se deben seguir para aplicar la metodología VDI 2225

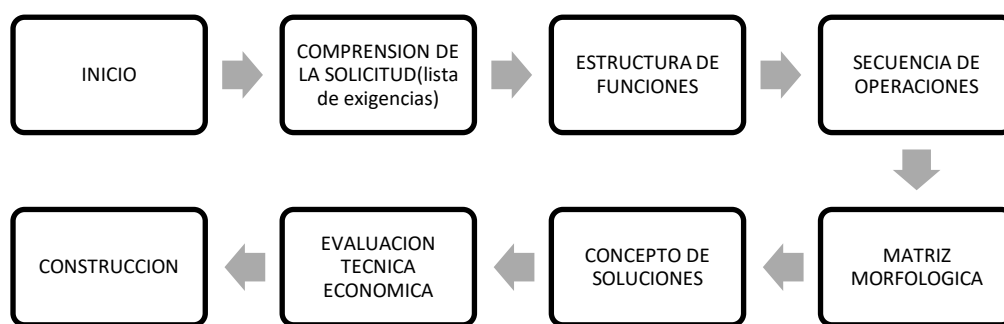


Ilustración 1-3: Procedimiento en la metodología VDI 2225

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.1.1. *Comprensión de la solicitud-lista de exigencias*

La lista de exigencias es uno de los pasos más importantes en la metodología VDI, ya que está

refleja las necesidades que debe satisfacer la máquina, de esta forma se obtendrá los parámetros para el diseño óptimo. En la lista de exigencias se detallan cuáles son los posibles alcances que tendrá el proyecto y detalla de forma escrita que el diseñador ha comprendido los problemas que debe solucionar. Usualmente en el encabezado de la lista de exigencias se debe encontrar el nombre del cliente para poder diferenciar esta lista de otras que se pudieran estar realizando al mismo tiempo. A continuación, se muestra cuáles son las partes más importantes en una lista de exigencias:

Fecha de modificación: es un registro de cambios y ajustes que se han ejecutado en cada uno de los ítems de la lista, en las reuniones periódicas que se suelen dar entre el diseñador y el cliente.

Deseo o exigencia: es una forma de describir a cada ítem, así identificamos si el mismo es tratado como una exigencia, o solamente es un deseo para que cumpla el diseño propuesto, para identificar si es un deseo o exigencia es necesario representar con la letra D deseo y con la E la exigencia.

Descripción: en este apartado se detallan características relevantes en el diseño del producto, se describen características por cada ítem que se deben considerar durante el diseño de la máquina.

Responsable: se menciona a la persona responsable de que la característica sea transmitida al diseño.

La **Tabla** detalla la lista de exigencias que se proveen para lograr el diseño óptimo de la central hidráulica:

Tabla 1-3: Lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS		
Proyecto:	“Diseño y construcción de un sistema semiautomático para el accionamiento de una prensa hidráulica a fin de realizar ensayos de doblado en juntas soldadas”	Fecha: 27-12-2022
		Revisado: S. López
Cliente:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Elaborado:
Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
E	Función Principal: Doblado de juntas soldadas según normas AWS	C. Real M.Quinga
E	Material: Placas de acero soldadas (ASTM A36 o material con propiedades parecidas a este)	C. Real M.Quinga
E	Fuerza: La fuerza nominal de la prensa es de 50 Tonf	C. Real M.Quinga
D	Velocidad: La velocidad del vástago es de 8mm/s	C. Real M.Quinga
E	Energía: Proporcionada por un motor eléctrico conectado a una bomba para generar presión	C. Real M.Quinga

E	Ergonomía: El accionamiento semiautomático de la prensa permite un fácil y cómodo control del equipo	C. Real M.Quinga
D	Fabricación: Las piezas deben ser de fácil fabricación, los materiales se deben conseguir en el mercado local y deben ser económicos.	C. Real M.Quinga
D	Plazo de Entrega: El plazo de entrega se establece como máximo el periodo académico vigente	C. Real M.Quinga
E	Ensamblaje: Los elementos del sistema deben ser de fácil montaje y desmontaje para poder ser transportado e implementado en cualquier tipo de edificación.	C. Real M.Quinga
E	Mantenimiento: El sistema debe ser diseñado para que los elementos sean accesibles para un mantenimiento rápido, sencillo y económico.	C. Real M.Quinga
D	Costo: Los costos del sistema, incluyendo los equipos, la mano de obra y equipos de control no deben superar los 2000 dólares	C. Real M.Quinga

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Cabe mencionar que, aunque algunos parámetros son más significativos que otros, es posible correlacionarlos y establecer algunas pautas que se podrían considerar para el diseño de la central hidráulica

3.1.2. Estructura de funciones

Este paso realiza una abstracción de la black-box, mejor conocida como caja negra, que especifica que se obtendrán ciertos resultados esperados para alguna entrada (incluso un proceso desconocido).

La caja negra ayuda a identificar y clasificar de forma lógica y sistemática las funciones que realiza la máquina para tener una buena idea de lo que quiere hacer la posible solución, en base a ello se ha propuesto una solución alternativa para cada dispositivo.

La tarea principal de nuestra maquina es lograr el doblado de las juntas de soldadura, para ello se considera que el sistema debe contar tanto con la energía manual realizada por el usuario como con la energía eléctrica necesaria para activar el sistema oleohidráulico, la energía se suministra en forma de calor y vibración, y la unión doblada se verifica mediante inspección visual de la operación realizada por el operador. La Ilustración se muestra la caja negra de la central hidráulica considerando las funciones principales del sistema:



Ilustración 2-3: Caja negra del sistema accionador de la prensa

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.1.3. Determinación de la estructura de funciones

Dependiendo de la caja negra, podemos definir en detalle la estructura de funciones, considerando las entradas de energía, así como las funciones que debe realizar nuestra máquina. Esto nos ayuda a ajustar el rendimiento que esperamos de nuestra máquina, lo que facilita encontrar opciones viables que cumplan con nuestros requisitos.

La **Ilustración** muestra las funciones que debe realizar nuestro sistema para doblar soldaduras, se inicia con las acciones del operario desde colocar la muestra en la matriz hasta controlar la válvula direccional, además el sistema utiliza energía eléctrica para generar energía hidráulica, la cual a su vez se encarga de proporcionar la fuerza necesaria para extender el brazo del cilindro y así completar la curvatura.

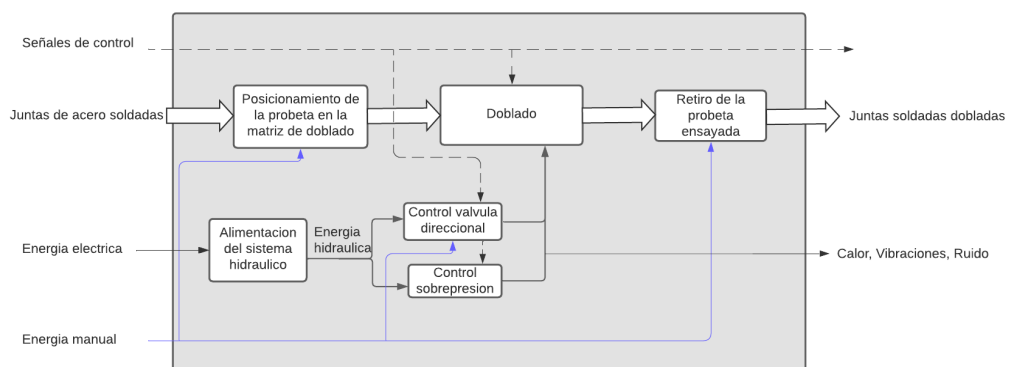


Ilustración 3-3: Análisis funcional nivel 1

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.1.4. Secuencia de operaciones

En esta etapa se busca describir de mejor manera todos los detalles de las funciones que se deben realizar para lograr el doblado de la junta soldada, la secuencia de operaciones parte de la estructura de funciones, de esta manera podemos indicar las siguientes operaciones:

3.1.4.1. Posicionamiento de la probeta en la matriz de doblado

Es responsabilidad del usuario realizar esta operación, para ello primero debe asegurarse que la junta de soldadura sea del tamaño adecuado, libre de irregularidades y contenga materiales adecuados para el ensayo, se coloca la muestra en la matriz dependiendo si es destinado a flexión de cara o raíz, además, el objetivo es centrarla con el punzón.

3.1.4.2. Alimentación del sistema bomba-motor

El usuario es el encargado de verificar que la central hidráulica este en óptimas condiciones para su funcionamiento, el operador es quien tendrá que activar la botonera con la finalidad de entregar energía eléctrica al motor y este a su vez proporcione movimiento a la bomba que generará el desplazamiento del fluido en el sistema.

3.1.4.3. Control de la válvula direccional

Esta operación la realiza el operador, en este caso el operador verifica la posición de la varilla con relación a la probeta y la matriz flexible, y luego activa la válvula direccional, que es la encargada de dirigir el líquido hacia el interior del cilindro. extender la varilla cilíndrica

3.1.4.4. Control de sobrepresión

Esta función la realiza una válvula de seguridad que recibe una señal de una válvula direccional y un manómetro que monitorea la presión dentro del sistema hidráulico.

3.1.4.5. Doblado de la junta soldada











La energía proporcionada por el fluido en movimiento permite el avance del vástago que estará conectado a un punzón (con dimensiones establecidas en normativas de soldadura) este a su vez transmitirá la fuerza necesaria para doblar la probeta y conseguir la forma adecuada, finalmente se accionará la válvula direccional para retroceder el vástago y poder retirar la probeta ya ensayada.

3.1.5. Matriz morfológica

Para la matriz morfológica se dividirá a la función principal en funciones parciales, con el objetivo de identificar a los elementos que cumplen con dichas funciones de tal manera que el diseñador tenga varias opciones generar una solución óptima, dichas funciones se describen como:

- Almacenamiento del fluido de trabajo para el sistema
- Accionamiento por parte de una fuente de energía para la generación de presión
- Control de las posiciones del cilindro, presión y caudal
- Doblado de juntas soldadas
- Regulación de caudal y presión dentro de la unidad de potencia
- Filtración del fluido de trabajo en el sistema.

Tabla 2-3: Matriz Morfológica

Matriz Morfológica para determinación de alternativas		
Función	Componente	
	Opción A	Opción B
Posicionar la probeta en la matriz		
	Manualmente	
Alimentar el sistema hidráulico		
	Motor eléctrico - Bomba piñones	Bombá Manual
Controlar la dirección		
	Valvula 4/3	Valvula 3/2
Controlar la presión		
	Accionada por peso	Accionamiento eléctrico
Doblar		
	Simple efecto	Doble efecto
Retirar		
	Manualmente	

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.1.6. Concepto de soluciones

Las posibles soluciones óptimas se las encuentra gracias a la matriz morfológica que a su vez se basa en la lista de exigencias, en función de las tablas anteriores y lo expuesto en la matriz morfológica tenemos las siguientes alternativas:

3.1.6.1. Alternativa 1. Sistema hidráulico de simple efecto

Esta unidad de potencia cuenta con la característica particular de tener un cilindro de simple efecto, el cual se ha controlado por una válvula direccional 3/2; cuenta con elementos como una válvula de alivio de presión accionada por el propio peso, un motor eléctrico que esté acoplado con una bomba de engranes siendo el aceite sintético el fluido que circulara por el sistema por mangueras de trenzado metálico y cuenta con un depósito de acero inoxidable con un medidor de aceite flotador sumado un filtro magnético un manómetro electrónico. La Ilustración muestra la construcción de la solución para el accionamiento de un cilindro de simple efecto.



Ilustración 4-3: Alternativa 1 Concepto de soluciones

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.1.6.2. Alternativa 2. Sistema hidráulico de doble efecto

Esta unidad de potencia está compuesta por un depósito de acero el cual cuenta con filtros de fibra con un manómetro de glicerina y un indicador de nivel de aceite de cristal, este sistema tiene como fluido hidráulico un aceite mineral que será transportado por mangueras de trenzado metálico ideal para altas presiones y el sistema será alimentado por un motor eléctrico de 2 HP de potencia al cual estará acoplado con una bomba de engranajes, el control del sistema será proporcionado por una válvula direccional 4/3 que permitirán el avance, parado y retorno de cilindro hidráulico de doble efecto del sistema adicional a esto se encuentra una válvula de alivio de presión accionada por el propio peso. La **Ilustración** muestra la posible solución considerando el accionamiento de doble efecto con un motor eléctrico.



Ilustración 5-3: Alternativa 2

Concepto de soluciones

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.1.6.3. Alternativa 3 Sistema hidráulico de accionamiento manual

La unidad de potencia está caracterizada por su bomba de accionamiento manual por palanca para generar presión al sistema, manómetro de glicerina para ver la presión del sistema, tuberías y depósito descubierto que facilita la entrada y salida del fluido. No cuenta con válvulas de alivio ni direccionamiento del fluido. La Ilustración muestra la posible solución considerando el accionamiento de un cilindro de simple efecto con retorno resorte.

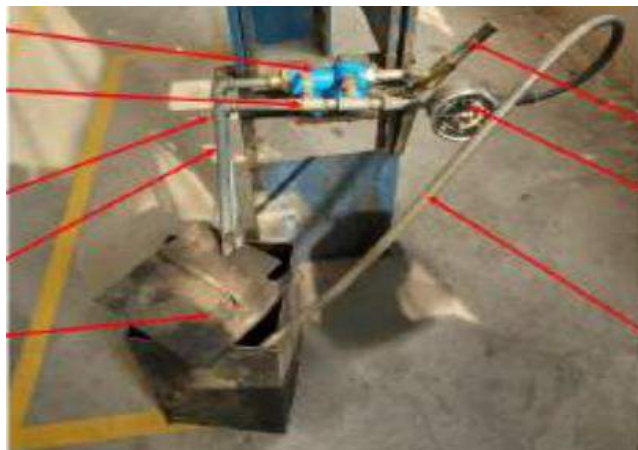


Ilustración 6-3: Alternativa 3 Concepto de soluciones

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.1.7. Evaluación técnica económica de las soluciones

Se elaborará una evaluación técnica en función a los conceptos de solución con la finalidad de encontrar los puntos débiles, fortalezas de cada solución, luego de este proceso se deberá realizar un estudio técnico económico de cada solución planteada en la metodología VDI se considera un

criterio “g” llamado peso ponderado en una escala del uno al cuatro. La Tabla y la Tabla muestran la evaluación técnica y económica respectivamente de la solución escogida para el desarrollo de la central hidráulica, mientras que la Ilustración muestra el análisis técnico-económico de las posibles soluciones lo cual nos indica que la solución 2 es la más adecuada.

Como ya se mencionó dentro de la metodología VDI se contempla una jerarquía dentro de los criterios de evaluación asignados por el valor “g” dentro de las que destacan el criterio función que hace referencia a la realización del proceso de doblado pues en base a este proceso se diseñan y seleccionan los equipos, el control de velocidad es otro criterio relevante, pues en función a este se define la cantidad de ensayos que se puede realizar para cada alternativa, finalmente se tiene el criterio de control de accionamiento pues la comodidad que ofrezca cada solución es fundamental para la selección de la mejor alternativa. Dentro del análisis económico los criterios más sobresalientes son la fácil adquisición de los equipos y un bajo costo en los materiales, ya que influyen significativamente en los tiempos de construcción y los costos totales del sistema

Tabla 3-3: Valor Técnico

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS			ESPOCH- MECÁNICA							
VALOR TÉCNICO										
PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO PARA EL ACCIONAMIENTO DE UNA PRENSA HIDRAULICA										
p: Puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)										
0= No satisface, 1= Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3= Bien, 4= Muy buen										
g= Peso ponderado y se da en función a la importancia de los criterios de evaluación										
Criterios de evaluación para diseños en la fase de conceptos o proyectos										
Variantes de Concepto/ Proyecto			Solución		Solución		Solución		Solución	
			N° 1		N° 2		N° 3		Ideal	
N°	Criterios de Evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función (doblado en U)	4	3	12	3	12	2	8	4	16
2	Diseño (Capacidad Máxima en toneladas)	3	3	9	3	9	1	3	4	12
3	Eficiencia del sistema. (Control de Posiciones)	3	3	9	3	9	1	3	4	12
4	Consumo energético	2	2	4	2	4	1	2	4	8
5	Seguridad	3	2	6	2	6	2	6	4	12
6	Control de velocidad	4	1	4	3	12	1	4	4	16
7	Facilidad de construcción y Montaje	3	2	6	2	6	3	9	4	12
8	Facilidad de operación	3	3	9	3	9	3	9	4	12
9	Control de accionamiento	4	3	12	3	12	1	4	4	16
10	Mantenimiento	3	2	6	2	6	3	9	4	12
Puntaje Máximo $\sum g.p$		32	24	77	26	85	18	57	40	128
Valor Técnico Xi			0.802083		0.885416		0.59375		1	

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Tabla 4-3: Valor Económico

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS				ESPOCH- MECÁNICA						
VALOR ECÓNOMICO										
PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO PARA EL ACCIONAMIENTO DE UNA PRENSA HIDRAULICA										
p: Puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)										
0= No satisfice, 1= Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3= Bien, 4= Muy buen										
g= Peso ponderado y se da en función a la importancia de los criterios de evaluación										
Criterios de evaluación para diseños en la fase de conceptos o proyectos										
Variantes de Concepto/ Proyecto			Solución		Solución		Solución		Solución	
			N° 1		N° 2		N° 3		Ideal	
N°	Criterios de Evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Facilidad adquisición	4	2	8	3	12	2	8	4	16
2	Costo de materiales	4	3	12	3	12	3	12	4	16
3	Costos de construcción	3	2	6	2	6	3	9	4	12
4	Costos de mantenimiento	2	2	4	2	4	2	4	4	8
5	Costo energía	4	3	12	3	12	3	12	4	16
6	Costo operación	3	1	3	2	6	4	12	4	12
Puntaje Máximo $\sum g.p$		20	13	45	5	52	17	57	24	80
Valor Económico Xi		0.75		0.8666666		0.95		1		

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

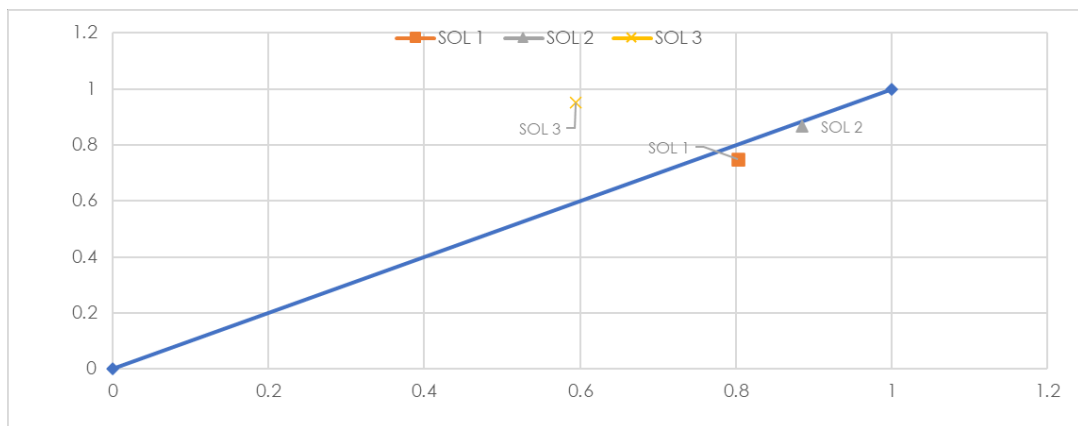


Ilustración 7-3: Análisis Técnico Económico

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.1.8. Descripción de la solución óptima

Se evaluará a las tres soluciones preliminares en función de los valores obtenidos en el análisis técnico económico, se determina que la solución 2 brinda las mejores características técnicas al mejor costo, siendo que esta solución es elegida para satisfacer con la lista de exigencias.



Ilustración 8-3: Solución de Optima

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Alguna de las principales características de la unidad de potencia hidráulica es:

- La capacidad de controlar 3 posiciones con el accionamiento de palanca
- La capacidad de generar una presión necesaria para doblar las juntas soldadas.
- Se puede regular el caudal y la presión del sistema, así como mostrar estos valores
- La capacidad de almacenar la cantidad de fluido necesario para realizar su funcionamiento
- Lo compacto del sistema y su facilidad de transportación
- Su facilidad de uso y mantenimiento.

3.1.9. Ventajas y desventajas de la solución óptima

Si bien es cierto que la solución óptima cumple con la función principal que es el doblado de las juntas soldadas, esta no necesariamente satisface ciertos requerimientos establecidos en un inicio, de esta manera podemos mencionar como una de las principales ventajas el fácil funcionamiento y accionamiento que este sistema presenta, pues cuenta con una válvula direccional 4/3 de accionamiento manual la cual permite el control del cilindro a cada instante.

La válvula de alivio es un elemento clave en cuanto a la seguridad del usuario como de la misma central hidráulica, otra ventaja que cuenta es la alta eficiencia que nos brinda el sistema bomba, motor. Por otro lado, una de las claras desventajas es el costo de mantenimiento que tendría si alguno de los elementos llegara a fallar, otra de las desventajas es el difícil acceso a los repuestos y el tiempo en que estos tardan en llegar.

3.2. Diseño a detalle de la solución

En este apartado se detalla el diseño y construcción de los equipos necesarios para cumplir con el accionamiento de la prensa hidráulica, para esto aplicamos las referencias del capítulo 2.

3.2.1. Detalles de la prensa hidráulica

Según detalla Quinancela (2021, p. 63), la prensa hidráulica que se encuentra en el taller de soldadura de la facultad de Mecánica tiene una capacidad de 50 toneladas y fue construida en el año 1982 por el ingeniero Fausto Torres, el objetivo principal de la prensa fue que los estudiantes logran comprender fenómenos como doblado, embutido entre otros.

La estructura de la prensa es metálica del tipo H, esta prensa se caracteriza por tener los lados rectos, posee una viga superior que se encuentra fija y una viga inferior la cual es ajustable y puede moverse de arriba hacia abajo o viceversa, tiene soportes para la mesa de trabajo, varilla de soporte para la viga móvil, poleas, cables de acero, engranajes de tornillos sin fin para la subida y bajada de la mesa de trabajo. La Ilustración muestra la prensa hidráulica que se busca modificar



Ilustración 9-3: Prensa hidráulica de la facultad

Fuente: (Quinancela, 2021, p. 65)

El sistema hidráulico cuenta con un cilindro de simple efecto de marca ENERPAC, una bomba hidráulica manual sin marca, misma que cuenta con una palanca para su accionamiento, también posee mangueras de presión con sus respectivos acoples, además de tuberías de acero, manómetro y tanque reservorio de aceite según Quinancela (2021, p. 65). La Tabla , Tabla y la Tabla detallan las características más importantes que presenta la prensa hidráulica de la facultad de mecánica.

Tabla 5-3: Parámetros: estructura de la prensa

Estructura		
Parámetro	Unidades	Dimensiones
Modelo	Tipo H	
Altura libre	mm	1300
Luz entre columnas	mm	995
Peso de la máquina	kg	430

Fuente: (Quinancela, 2021, p. 66)

Tabla 6-3: Parámetros del sistema accionador de la prensa

Bomba manual		
Parámetro	Unidades	Dimensiones
Tipo	Dos etapas	
Cantidad de aceite utilizable	cm ³	2200
Presión nominal de trabajo 1r etapa	bar	34
Presión nominal de trabajo 2a etapa	bar	400
Desplazamiento de aceite por carrera 1r etapa	cm ³	16.39
Desplazamiento de aceite por carrera 2a etapa	cm ³	2.46
Fuerza máxima de bombeo	kgf	35

Fuente: (Quinancela, 2021, p. 66)

Tabla 7-3: Parámetros del cilindro hidráulico de la prensa

Cilindro hidráulico		
Parámetro	Unidades	Dimensiones
Modelo	RC506/ENERPAC	
Máxima presión de funcionamiento	bar	700
Clase de capacidad	Toneladas US	50
Capacidad máxima del cilindro	KN	498
Carrera	mm	159
Tipo de Retorno		Simple
Tipo de émbolo		Sólido
Material		Acero
Avance efectivo del área del cilindro	cm ²	71,2
Avance de capacidad de aceite	cm ³	1131
Diámetro exterior	mm	127

Fuente: (Quinancela, 2021, p. 66)

3.2.2. Fuerza requerida

En primera instancia es necesario determinar los parámetros de las dimensiones de la probeta con base en la norma que vamos a trabajar, según las fuentes bibliográficas establecidas en el capítulo 2 decidimos realizar los cálculos en función de las dimensiones de la norma AWS D1.1 y AWS

B4.0, la Ilustración muestra las dimensiones que especifica la norma para llevar a cabo las pruebas de doblado de cara y raíz, mismas que se especifican con mayor claridad en la Tabla

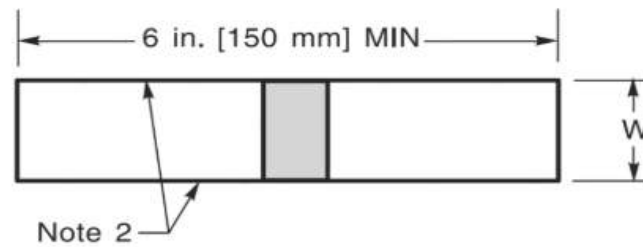


Ilustración 10-3: Dimensiones requeridas para ensayo

Fuente: (AWS, 2016, p. 9)

Tabla 8-3: Dimensiones para ensayo

Dimensiones según AWS D1.1	
Largo (mm)	150
Ancho (mm)	40
Espesor (mm)	10

Fuente: (AWS, 2016, p. 9)

Una vez establecidas las dimensiones, procedemos a calcular la fuerza necesaria para lograr la curvatura en la probeta. Para ello, utilizamos la ecuación 2-1.

$$F = K * \sigma B * t * w$$

Si consideramos que la resistencia ultima a la tracción del acero A36 está entre los 25 a 35 kgf/mm^2 y que el valor para la constante K es de 0.4 por requerir una geometría en U tenemos los siguientes valores para la fuerza

$$F = 0.4 * (35kgfmm2) * (13 mm) * (40 mm)$$

Finalmente tenemos un valor de fuerza requerida de

$$F = 7280 Kgf$$

Si convertimos los kilogramos fuerza a newton tenemos el siguiente valor para la fuerza requerida

$$F = 71392.146 N$$

3.2.3. Selección del motor

Una vez encontrada la fuerza necesaria para doblar una probeta en forma de U y mediante los datos que nos proporcionó el apartado anterior, podemos encontrar cuáles son los detalles necesarios para la selección del motor. En primera instancia, partimos encontrando el área del cilindro, para eso aplicamos la siguiente fórmula:

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

Remplazando el valor del diámetro del cilindro tenemos

$$A_C = \pi * \frac{(127)^2}{4}$$
$$A = 12667.6869 \text{ mm}^2 = 0.01266 \text{ m}^2$$

Encontrada el área podemos hallar la presión que se requiere para doblar nuestras juntas soldadas, para esto aplicamos el principio de pascal, remplazando los valores de la fuerza requerida y del área tenemos:

$$P = \frac{F}{A}$$
$$P = \frac{71392.146 \text{ N}}{0.01266 \text{ m}^2}$$

Finalmente, si calculamos los procedimientos anteriores encontramos la presión necesaria para llevar a cabo el doblado de la junta soldada

$$P = 563768.15 \text{ Pa}$$

Si realizamos la conversión a bares tenemos los siguientes valores para la presión de trabajo

$$P = 56.3576 \text{ Bar}$$

Por factores de seguridad aplicaremos un factor de sobrecarga de 1.4 a esta presión por lo que el valor de la presión necesaria sería de:

$$P = 1.4 * (60 \text{ Bar})$$

$$P = 84 \text{ Bar}$$

Otro parámetro importante para la selección del motor e incluso de la bomba es el caudal de funcionamiento del sistema, para esto nos basamos en la velocidad de avance del vástago que establece la norma, este valor es de 8 mm/s, en función de estos valores y del área del cilindro podemos detallar cual sería el caudal del sistema:

$$Q = V * A$$
$$Q = \left(0.008 \frac{m}{s}\right) * (0.0126677m^2)$$
$$Q = 0.0001013 \frac{m^3}{s}$$

Si este valor lo convertimos a litros por minuto tenemos que el caudal es de:

$$Q = 6.08 \text{ LPM}$$

Una vez que tenemos el caudal y la presión de trabajo, podemos calcular la potencia necesaria del motor utilizando la siguiente fórmula:

$$Pot = \frac{P * Q}{600}$$

Si reemplazamos los valores de presión (bar) y caudal (lpm) tenemos

$$Pot = \frac{(84 \text{ bar}) * (6.08 \text{ lpm})}{600}$$

Finalmente, el valor de la potencia en Kw es

$$Pot = 0.8512 \text{ Kw}$$

Si transformamos este valor a hp tenemos

$$Pot = 1.14 \text{ Hp}$$

El requerimiento del motor es de 1.14 hp, pero por cuestiones de rendimiento y seguridad, optaremos por utilizar un motor de 2 HP. Si convertimos este valor a kW, obtendremos una potencia de:

$$Pot = 1.5 \text{ KW}$$

MOTOR MONOFÁSICO ABIERTO 1800RPM - 4 POLOS



Código	Potencia	Carcasa	Voltaje VAC	Forma Construc.	Grado de Protección
10341363	0.25HP (0.18kW)	56	110-220	B3L	IP21
10030231	0.5HP (0.37kW)	C48	110-220	B3L	IP21
11768546	0.75HP (0.55kW)	D56	110-220	B3L	IP21
14833318	1HP (0.75kW)	D56	110-220	B3L	IP21
11768545	1HP (0.75kW)	D56	110-220	B3L	IP21
10479638	1.5HP (1.1kW)	F56H	110-220	B3L	IP21
10480694	2HP (1.5kW)	G56H	110-220	B3L	IP21
14833495	2HP (1.5kW)	G56H	110-220	B3L	IP21
11208211	3HP (2.2kW)	112M	110-220	B3L	IP22
11177088	5HP (3.7kW)	112M	220	B3L	IP22

Ilustración 11-3: Selección del motor

Fuente: (Electricoindustrial S.A., 2020, p. 4)

Una vez establecidos los requerimientos, procedemos a seleccionar el motor. En este caso, adquirimos un motor de la marca WEG, monofásico, con una velocidad de 1800 rpm, una potencia de 2 HP (1.5 kW) y la capacidad de funcionar a 110 o 220 V. A continuación, se presenta una tabla con los datos técnicos más importantes del motor:

Tabla 9-3: Datos técnicos del Motor

Parámetro	Valor
Marca	WEG
Potencia (KW)	1.5
Tensión (V)	110/220
Tipo de carcasa	G56H
Medida del eje	15.87
Velocidad(rpm)	1800
Polos	4

Fuente: (Electricoindustrial S.A. 2020, p. 6)

Para identificar el torque proporcionado por el motor utilizamos la siguiente fórmula:

$$T_{nom} = \frac{P_{ot} * 63025}{RPM}$$

En las secciones anteriores, encontramos que la potencia nominal del motor es de 2 HP y su velocidad es de 1800 rpm. Por lo tanto, si reemplazamos estos valores, obtenemos que:

$$T_{nom} = \frac{(2Hp) * 63025}{1800}$$

$$T_{nom} = 70.0277 \text{ lb} - \text{in}$$

Si reemplazamos estos valores a N-m tendremos que el torque nominal suministrado por el motor será:

$$T_{nom} = 7.9089 \text{ N} - \text{m}$$

3.2.4. Selección de la bomba

Una vez que hemos encontrado los requerimientos de funcionamiento, debemos buscar una solución óptima para nuestro sistema. Para esto, necesitamos buscar una combinación adecuada entre el motor y la bomba que cumpla con nuestras necesidades de presión y caudal.

En nuestra búsqueda de la bomba adecuada, utilizaremos el catálogo de CAPRONI, en función de nuestras necesidades de una presión de alrededor de 90 bares y un caudal de al menos 4 litros por minuto, seleccionaremos la solución más adecuada de su catálogo de bombas de engranajes.

Type	Displacement cm ³ /rev	Flow		Pressure P _{nom} bar	max Speed n rpm	Dimension							
		at 1500 rpm l/min	at max rpm l/min			Inlet		Outlet					
						A mm	B mm	M	G	U	M	G	U
10A(C)1X176	1	1,40	3,26	250	3500	41,1	83	M16x1,5	G 3/8" - A	3/4" - 16UNF - 2B	M16x1,5	G 3/8" - A	9/16" - 18UNF - 2B
10A(C)1,25X176	1,25	1,74	4,07	250	3500	41,5	84						
10A(C)1,6X176	1,6	2,23	5,21	250	3500	42,3	85,6						
10A(C)2X176	2	2,82	6,58	250	3500	43,1	87,2						
10A(C)2,5X176	2,5	3,53	8,23	250	3500	44,1	89,2						
* 10A(C)2,65X176	2,65	3,74	8,72	250	3500	44,4	89,8	M20x1,5	G 1/2" - A	3/4" - 16UNF - 2B	M16x1,5	G 3/8" - A	9/16" - 18UNF - 2B
10A(C)3,15X176	3,15	4,44	10,36	250	3500	45,5	91,8						
10A(C)3,65X176	3,65	5,15	12,01	250	3500	46,4	93,9	M22x1,5	G 1/2" - A	7/8" - 14UNF	M18x1,5	G 3/8" - A	3/4" - 16UNF
10A(C)4,2X176	4,2	5,92	13,82	250	3500	47,5	96,1						
* 10A(C)4,7X176	4,7	6,63	15,46	250	3500	48,5	98						
10A(C)5X176	5	7,05	14,10	250	3000	49,1	99,2	M22x1,5	G 1/2" - A	7/8" - 14UNF	M18x1,5	G 3/8" - A	3/4" - 16UNF
10A(C)5,7X176	5,7	8,12	16,25	200	3000	50,5	102						
10A(C)6,1X176	6,1	8,69	14,49	200	2500	51,4	103,8						
10A(C)7,4X176	7,4	10,55	17,58	180	2500	54,1	109,2						
* 10A(C)8X176	8	11,40	15,20	150	2000	55,4	111,7	M22x1,5	G 1/2" - A	7/8" - 14UNF	M18x1,5	G 3/8" - A	3/4" - 16UNF
10A(C)8,5X176	8,5	12,11	16,15	150	2000	56,4	113,7						
10A(C)9,8X176	9,8	13,97	18,62	120	2000	59	119						

Ilustración 12-3: Selección bomba 10A(C)3,65x176

Fuente: (JSC, 2013, p. 20)

La bomba escogida es una de engranes de la serie 10A3,65x176 misma que cuenta con los siguientes parámetros:

Tabla 10-3: Ficha Técnica Bomba

FICHA TECNICA BOMBA 10A3,65X176		
Desplazamiento	cm ³ /rev	3.65
Caudal a 1500 rpm	lpm	5.15
Presión nominal	bar	250
Velocidad máxima	rpm	3500
Velocidad mínima	rpm	750
Peso	Kg	0.91

Fuente: (JSC, 2013, p. 20)

Es cierto que la bomba seleccionada no cumple con nuestro requisito de caudal mínimo, pero es la que brinda mayor presión a la velocidad nominal del motor y con una potencia de 1.5 kW (2HP). A pesar de esto, creemos que es la mejor opción para nuestro sistema.

A continuación, se presenta el cálculo del caudal en función de la velocidad nominal que proporciona el motor, para esto sabemos que la cilindrada de la bomba es de 3.65 cm³/rev, de la misma manera sabemos que la velocidad nominal del motor es de 1800 rpm, en función de esto tenemos que el caudal teórico de la bomba será:

$$Q(lpm) = \frac{q(cm^3/rev) * n(rev)}{1000}$$

Si reemplazamos los datos de cilindrada y velocidad nominal del motor tendremos:

$$Q(lpm) = \frac{(3.65 cm^3/rev) * (1800 rev)}{1000}$$

Finalmente, el caudal que proporciona la bomba a 1800 rpm es:

$$Q(lpm) = 6.57 lpm$$

Además de la presión y el caudal, existen otros parámetros importantes que se deben considerar para el buen funcionamiento de la bomba, entre ellas está la viscosidad que soporta la bomba las temperaturas de trabajo entre otras, la Tabla muestra las condiciones de trabajo de las bombas caproni de la serie 10.

Tabla 11-3: Condiciones de trabajo de bombas caproni

Característica	Valor
Viscosidad permitida	16 a 200 mm ² /s
Grado de filtración	15-25 µm
Rango de temperatura ambiente	-22-55°C
Rango de temperatura de fluido	-25-80°C
Presión en la línea de succión	0.8-2.2 bar
Velocidad en la línea de succión	0.5-1 m/s

Fuente: (JSC, 2013, p. 2)

3.2.5. Selección acople bomba-motor

Para seleccionar el acople adecuado entre la bomba y el motor, es necesario identificar los diámetros de los ejes de ambos componentes y la potencia suministrada por el motor. En las secciones anteriores, se encontró que el diámetro del motor es de aproximadamente 16 mm, mientras que el diámetro de la bomba se acerca a los 11 mm. Con base en esta información, se consultó el catálogo de acoples y matrimonios de Hidromecánica y se seleccionó la mejor opción.

Código HIDROMECAÑICA	DIMENSIONES							EJE				PODER kW		
	A	A1	B	F	E	C	G	MOTOR		BOMBA				
14 DCP	44	40	33	23	21	28	1	-	-	-	-	-	-	0.25-0.37
14 DC	51	40	33	24	24	28	3	-	-	-	14	10	20	0.25-0.37
24 DC	58	54	44	35	28	34	2	-	14	19	24	10	20	1.1-1.5
28 DC	82	68	56	45	40	40	2	14	19	24	28	20	30	2.2-4
32 DC	83	76	59	49	40	45	3	-	19	24	28	20	30	2.2-4
38 DC	85	84	68	57	42	48	2	-	24	28	38	20	30	5.5-7.5
42 DC	86	88	71	60	42	50	2	24	28	38	42	20	30	11-15
48 DC	100	100	78	65	47	51	3	28	38	42	48	20	30	18.5-22
55 DC	114	120	98	85	55	63	3	38	42	48	55	20	30	30
60 DC	138	140	111	98	68	71	2	42	48	55	60	20	30	37-45

Ilustración 13-3: Selección matrimonio bomba-motor

Fuente: (Hydromecanica S.A., 2018, p. 1)

Dado los requisitos del sistema y por la Ilustración se opta por la elección de un acople con código 24 DC mismo que soporta hasta una potencia de 1.5 KW

3.2.6. Construcción de la base para la bomba y motor

Para crear la base del sistema bomba-motor, se utilizará una placa de acero de media pulgada de 400x400 mm. Se realizará un doblado de 50 mm en la placa para poder soldarla en la parte superior externa del depósito de aceite. Además, se requiere crear una base sólida para la instalación de la bomba, para lo cual se utilizará una plancha de acero de 12 mm de grosor. Se creará un agujero central de 50.8 mm de diámetro para el acoplamiento con la bomba. El catálogo

de la bomba indica que se necesitan pernos M10, de igual manera para la sujeción con el motor se realizó perforaciones para pernos M10, a fin de verificar que la construcción este realizada correctamente se instala la bomba y motor y se cerciora que las dimensiones están bien, finalmente se procede a fondear y pintar la base de la bomba y motor



Ilustración 14-3: Comprobación dimensiones de la base

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.



Ilustración 15-3: Fondeada y pintada de la base para bomba y motor

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.2.7. Selección de la válvula direccional

La selección de la válvula direccional depende de varios factores, como el diseño del cilindro, la presión de trabajo y el tipo de accionamiento requerido en el equipo. Para realizar ensayos de juntas soldadas, se necesita un control preciso de la posición del vástago en relación con el cilindro. Por lo tanto, se requiere un cilindro de doble efecto en primer lugar.

Para lograr un control óptimo de un cilindro de doble efecto, es necesario contar con una válvula direccional de 4 vías, 3 posiciones con centro tándem. Es importante mencionar que la válvula se

controlará manualmente para facilitar el control de la posición del vástago. El retorno del mando se realizará mediante un resorte, y la bomba puede soportar un caudal máximo de 60 LPM. La válvula direccional incluye una válvula reguladora de presión que ayuda a controlar la presión máxima del sistema. A continuación, se detallan las características más importantes de la válvula direccional adquirida.

Tabla 12-3: Características de la válvula direccional 4/3

Parámetro	Valor
Palanca de retorno	Resorte
Presión máxima	315 bar
Caudal máximo	60 lpm
Temperatura de funcionamiento	80 °C
Temperatura mínima	-30 °C

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.2.8. Selección de aceite hidráulico

El aceite hidráulico es muy importante en los sistemas hidráulicos ya que es el elemento encargado de transmitir la fuerza, además de proporcionar lubricación. En la actualidad, el aceite más utilizado es el de tipo mineral al cual se le agregan aditivos para mejorar sus propiedades.

El aceite hidráulico ISO 68 es de alta calidad y cuenta con propiedades anti-desgaste. Está compuesto por aceites minerales altamente refinados y un paquete de aditivos anticorrosivos y antioxidantes de alto rendimiento.

Entre los beneficios que presenta el aceite ISO 68 es el proveer una rápida separación agua-aceite lo que evita contaminación, presenta una protección prolongada contra la oxidación, además brinda un excelente control de espuma y una gran facilidad de medición de la filtrabilidad de los fluidos, a continuación, se presenta una tabla con las características típicas del Aceite ISO 68:

Tabla 13-3: Características aceite ISO 68

Pruebas	Resultados
Grado de Viscosidad ISO	68
Densidad a 20°C (g/ml)	0.885
Viscosidad Cinemática a 100°C (mm ² /s)	8.840
Índice de Viscosidad	100
Temperatura de inflamación °C	228
Temperatura de escurrimiento °C	-24
Estabilidad a la oxidación	5000 Hrs

Fuente: (Lubricantes, 2018, p. 1)

La elección de la cantidad de aceite depende del caudal que suministre la bomba de ahí que la cantidad de fluido que debería tener el sistema está entre 2 o 4 veces el caudal nominal de la bomba en litros por minuto, expresado en ecuación podemos tener que la cantidad de aceite es:

$$V_{aceite} = 4 * Q$$

Los requerimientos del equipo son de 6 lpm si remplazamos esto a litros por minuto tendremos los siguientes valores:

$$V_{aceite} = 4 * (6 \text{ lpm})$$

Si realizamos los cálculos tendremos el valor del volumen total de aceite del sistema mismo que nos da un valor de:

$$V_{aceite} = 24 \text{ lts}$$

Con el fin de mantener la seguridad, se ha optado por adquirir una caneca de aceite con las características del aceite ISO 68.

3.2.9. *Diseño y construcción del depósito de aceite*

Al igual que el volumen de aceite para el diseño del tanque hay que considerar que la capacidad de este debe ser el doble de la cantidad de aceite requerido expresado en ecuación tenemos:

$$Cap_{tanque} = 2 * V_{aceite}$$

Si remplazamos los valores del volumen de aceite tendremos una capacidad del tanque de

$$Cap_{tanque} = 2 * 24$$

$$Cap_{tanque} = 48 \text{ lts}$$

Para la construcción del tanque se ha considerado varias sugerencias entre las cuales se menciona en la Tabla

Tabla 14-3: Recomendaciones de diseño

Factor	Recomendación	Observación
Forma	Rectangular	Se refrigeran mejor
Tamaño	2 o 4 Veces el caudal en lpm	Se recomienda que sea 3
Línea de Retorno	Extremo Curvado	Para dirigir el fluido a las paredes del deposito
Línea de admisión	Cerca del fondo del deposito	Evitar el ingreso de aire
Acceso para limpieza	En la parte frontal	Indispensable para la limpieza del tanque
Medidor de nivel	En la parte frontal	Su centro debe coincidir con el nivel de aceite inicial

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Es importante mencionar que se requiere una abertura para el llenado de aceite. Esta abertura contará con un filtro de malla para evitar el ingreso de partículas contaminantes al tanque. Para la colocación del medidor de nivel, se identifica hasta qué altura llegará el volumen del aceite y en esa posición se ubicará el medidor de nivel, considerando que siempre debe estar en la parte frontal. Dentro del tanque, en la línea de succión de la bomba, se colocarán los sistemas de filtración tanto para succión como para descarga. Finalmente, en la parte superior estará el acceso para la limpieza.



Ilustración 16-3: Construcción del depósito de aceite

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.2.10. Selección de mangueras y acoples hidráulicos

Estos accesorios ayudarán a transmitir el fluido a presión por todo el sistema. Para la selección de las mangueras y sus respectivos acoples, hay que considerar la presión de trabajo, así como la temperatura y la aplicación. Es importante considerar el tamaño de la manguera y el tipo de fluido de trabajo.

Se debe seleccionar adecuadamente el tamaño de las tuberías para conseguir una velocidad del fluido correcta. Si el fluido tiene una baja velocidad, el desempeño del sistema también será bajo. Por otro lado, si el fluido tiene una alta velocidad, esto causará una excesiva caída de presión, lo que a su vez desencadenaría en la aparición de fugas.

La temperatura es otro de los parámetros importantes en la selección de la manguera. Dentro de la temperatura, es importante analizar la temperatura ambiente y la temperatura del fluido de trabajo. La temperatura del fluido es relevante en el impacto de la vida útil de la manguera.

En función de esto, y conociendo el caudal de trabajo de la bomba, procedemos a verificar si el diámetro seleccionado es el adecuado. Nos dirigimos al catálogo de mangueras hidráulicas de Parker y seleccionamos como primera opción una manguera de 10 mm, tomando en cuenta que la presión de trabajo será de 200 bar y que la temperatura máxima que alcanzará el sistema será de 90 °C.

Resumen de mangueras

Módulo manguera	Presión de trabajo MPa (factor de seguridad 4:1)										Rango de temperatura °C	Refuerzo	EN	ISO	SAE	Página	
	-4	-6	-8	-10	-12	-15	-20	-24	-32	-40							
DN	06	08	10	12	16	20	25	32	40	50	66						
SAE100RS																	
801	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,2					-40/+100	1 malla, fibra			B1a-1	
804	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9						-40/+80	1 malla, fibra			B1a-2	
821FR	2,4	2,0	2,0	2,0	1,7							-40/+100	1 malla, fibra			B1a-3	
830M	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6							-20/+80	1 malla, fibra			B1a-4	
831	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0							-40/+100	1 malla, fibra			B1a-5	
836	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7							-40/+150	1 malla, fibra			B1a-6	
837BM	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6							-40/+100	1 malla, fibra			B1a-7	
837PU	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6							-40/+100	1 malla, fibra			B1a-8	
838M	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6							-20/+60	1 malla, fibra			B1a-9	
201	20,7	20,7	15,5	13,8	12,0	10,3	5,5	4,3	3,5	2,4		-50/+150	1 malla, alambre	SAE 100RS/SAE J1402 AN		B2a-1	
206	20,7	20,7	15,5	13,8	12,0	10,3	5,5	4,3	3,5	2,4		-50/+150	1 malla, alambre	SAE 100RS/SAE J1402 AN		B2a-2	
213	13,8	10,3	10,3	8,6	6,9	5,2	2,8	2,1	1,7	1,4		-40/+150	1 malla, alambre	SAE J1402 AN		B2a-3	
221FR		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5					-20/+100	1 malla, alambre	SAE J1527 Typ R3		B2a-4	
285	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7						-30/+125	1 malla, alambre	SAE J2004 Typ C		B2a-5	
293	3,5	3,5	3,5	3,1	3,1	3,1						-50/+150	1 malla, fibra	SAE J1402 AN		B2a-6	
601	8,6	7,8	6,9	5,2	3,9							-40/+125	2 mallas, fibra	EN 854-R3	SAE 100 R3	B2a-7	
611HT	2,8	2,8	2,8	2,4	2,1							-40/+150	1 malla, fibra	EN 854-R8		B2a-8	
681DB	7,5	6,8	6,3	5,8	5,0	4,5	4,0					-40/+100	2 mallas, fibra	EN 854-21E		B2a-9	
301SN	40,0	35,0	33,0	27,5	25,0	21,5	16,5	12,5	9,0	8,0		-40/+100	2 mallas, alambre	EN 853-23N	SAE 100 R2 AT	Ca-1	
302	40,0	35,0	33,0	27,5	25,0	21,5	16,5	12,5	9,0	8,0		-40/+100	2 mallas, alambre	EN 853-23N	ISO 8 14306	SAE 100 R2 AT	Ca-2
304	34,5		27,5	24,0		15,5	13,8	11,2	8,6	7,8		-40/+80	2 mallas, alambre		SAE 100 R2 AT	Ca-3	
402	10,0	10,0	10,0	10,0								-40/+100	1 malla, alambre			Ca-4	
421RH								6,3	5,0	4,0		-40/+100	1 braid, wire	EN 853-18N	ISO 8 14306-1	SAE 100 R1 AT	Ca-5
421SN	22,5	21,5	18,0	16,0	13,0	10,5	8,8	6,3	5,0	4,0		-40/+100	1 malla, alambre	EN 853-18N	ISO 8 14306-1	SAE 100 R1 AT	Ca-6
421WC	19,0		15,5	13,8		8,6	6,9					-40/+121	1 malla, alambre		ISO 8 14306-1	SAE 100 R1 AT	Ca-7
422	22,5	21,5	18,0	16,0	13,0	10,5	8,8	6,3	5,0	4,0		-40/+100	1 malla, alambre	EN 853-18N	ISO 8 14306-1	SAE 100 R1 AT	Ca-8
424							6,9	4,3	3,5	2,4		-40/+85	1 malla, alambre			SAE 100 R1 AT	Ca-9
426	19,2		15,7	14,0	10,5	8,7	7,0					-48/+150	1 malla, alambre			SAE 100 R1 AT	Ca-10
436			27,5	24,0	19,0	15,5	13,8					-50/+150	2 mallas, alambre			SAE 100 R16	Ca-11
441	34,5	29,3	27,5	24,0	19,0	15,5	13,8					-40/+125	1 malla, alambre		ISO 11227-1-816	SAE 100 R16	Ca-12
441RH	34,5	29,3	27,5	24,0	19,0	15,5	13,8					-40/+125	1 braid, wire		ISO 11227-1-816	SAE 100 R16	Ca-13
451TC	21,0		21,0	21,0	21,0	21,0	21,0					-40/+100	1 malla, alambre		ISO 11227-1-817	SAE 100 R17	Ca-14
461LT	42,5	40,0	35,0	31,0	28,0	28,0	21,0					-50/+100	2 mallas, alambre	EN 857-28C		Ca-15	
462	42,5	40,0	35,0	31,0	28,0	28,0	21,0	17,2				-40/+100	2 mallas, alambre	EN 857-28C	ISO 11227-1-28C		Ca-16
462ST	42,5	40,0	35,0	31,0	28,0	28,0	21,0					-40/+100	2 mallas, alambre	EN 857-28C	ISO 11227-1-28C		Ca-17

Ilustración 17-3: Selección de mangueras hidráulicas

Fuente: (Parker S.A, 2018, p. 34)

Se seleccionó una manguera de la marca Parker, con módulo -6 y denominación 436, misma que soporta una presión de 280 bar y tiene un rango de trabajo de -40 a 150 °C. Esta manguera presenta un refuerzo de alambre de 2 mallas. Esta elección nos brinda la certeza de que estamos trabajando con un grado de seguridad alto.

Una vez seleccionado el diámetro de la manguera, verificamos si el sistema tiene un flujo laminar mediante la ecuación del número de Reynolds. Para esto, encontramos la velocidad del sistema relacionando el caudal de trabajo y el área de las mangueras. Para esto, tenemos que el área de la manguera Parker de diámetro 10 mm es:

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

$$A = \pi * (0.005)^2$$

$$A = 0.0000785 \text{ m}^2$$

Con el área obtenida, y sabiendo el caudal de trabajo de la bomba podemos hallar la velocidad con la siguiente expresión:

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

$$V = \frac{0.0001 \frac{m^3}{s}}{0.0000785 m^2}$$

$$V = 1.2732 m/s$$

Teniendo en consideración que la Tabla nos indica la viscosidad del aceite ISO 68 y que los valores de velocidad y diámetro ya son conocidos podemos encontrar el número de Reynolds

$$N_R = \frac{V * D}{\nu}$$

$$N_R = \frac{\left(1.273 \frac{m}{s}\right) * (0.01 m)}{8.84 \times 10^{-6}}$$

$$N_R = 1440.316$$

El número de Reynolds obtenido es menor a 2000, por lo que podemos garantizar que el flujo se mantiene laminar en el sistema.

Para la selección de los terminales es importante conocer la aplicación que se le dará al sistema, ya que estos facilitarán el acople de los elementos de la central hidráulica, logrando así que se ocupe el espacio disponible de la mejor manera. Para la unión entre la línea de descarga de la bomba y la entrada de fluido a la válvula, se ocupará un codo a 90° y, conectado a este, irá una tee con conexión hembra.

De la misma manera, se utilizarán terminales rectos con conexiones hembra para la conexión entre la válvula direccional y el retorno al tanque. Para las conexiones de las válvulas con las mangueras de los cilindros, se utilizarán codos a 90° CF, mientras que para la conexión de los cilindros con las mangueras se utilizarán terminales rectos. En la Ilustración se presentan los terminales de escogidos para el sistema hidráulico

Resumen de terminales de manguera

	CA DKOL	CE DKOL 45°	CF DKOL 90°	D0 DKM o DKLL	C0 Hembra giratoria métrica - Serie extra ligera LL - Recta (Asiento ovalado)	C3 DKL	C4 DKL 45°
DIN	C5 DKL 90°	1D BEL	DD BEL 45°	5D BEL 90°	C9 DKOS	0C DKOS 45°	1C DKOS 90°
	D2 CES	C6 DKS	3D BES	49 Banjo métrico	9B Hembra giratoria métrica - Serie ligera - Codo 45°	9C Hembra giratoria métrica - Serie ligera - Codo 90°	
	92 DKR	B1 DKR 45°	B2 DKR 90°	B4 DKR 90° (compacto)	EA DKOR	EB DKOR 45°	EC DKOR 90°
BSP	D9 AGR	91 AGR-K	B5 Hembra giratoria BSP cilíndrica - Recta	34 Tubular pulgada (latón)			

Ilustración 18-3: Resumen De terminales de Manguera

Fuente: (Parker S.A 2018, p. 36)

3.2.11. Selección del manómetro

Para seleccionar el elemento encargado de medir e indicar la presión, se debe considerar cuál es la presión máxima que tendrá el sistema y la temperatura a la cual trabajará. En nuestro caso, hemos escogido un manómetro de glicerina con carátula que cuenta con una escala que supera los 400 bares.



Ilustración 19-3: Manómetro seleccionado

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.2.12. Selección de los filtros

Para la selección de los filtros, debemos considerar que existen tres grandes grupos de filtros: los filtros de succión, de descarga y los filtros de llenado. Cada uno depende del tipo de fluido de trabajo, la aplicación y el tamaño de partículas que se desea filtrar. Se recomienda que se utilicen al menos dos tipos de filtros en un sistema hidráulico.

Los filtros de aspiración o succión, usualmente se conocen como filtro colador. Estos son los elementos encargados de proteger las bombas de impurezas que se encuentren en el aceite dentro del depósito. Su selección depende del caudal de trabajo, el nivel de filtración y el tamaño de la tubería de succión. Puesto que nuestro sistema consta de tuberías de media pulgada, se procede a adquirir un filtro con una capacidad filtrante cercana a las 90 micras. La siguiente gráfica muestra el filtro de succión adquirido para el proyecto.



Ilustración 20-3: Filtro de succión escogido para la central

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

A continuación, se detalla una serie de características del filtro de succión:

Tabla 15-3: Características del filtro de succión

Característica	Valor
Código de limpieza ISO 4406	20/17/13
Diámetro de la rosca	¾ in
Tipo de malla	Metálica
Presión máxima	300 Bar
Caudal máximo	20 lpm

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Los tapones de llenado son otro sistema de filtrado importante en los sistemas hidráulicos. El mismo deberá poseer una malla metálica con el fin de evitar que, por accidente, entre algún tipo de partícula cuando se llena el tanque de aceite. La siguiente ilustración muestra el filtro de mallas utilizado para la tapa del llenado.



Ilustración 21-3: Filtro de llenado (tapa del depósito)

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

El filtro de retorno es muy importante, ya que ayuda a limpiar las impurezas que quedan después del avance y retroceso del cilindro hidráulico. La selección de este filtro depende en gran medida de la capacidad de filtración del sistema. Para nuestra central, hemos escogido un filtro de la marca Hydroline. A continuación, se muestra el filtro utilizado en el sistema.



Ilustración 22-3: Filtro de retorno al tanque

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

A continuación, se detallan características relevantes del filtro de retorno marca hydroline:

Tabla 16-3: Características del filtro de retorno

Característica	Valor
Marca	Hydroline
Designación	S/E-10-10B
Caudal	10 lpm
Nivel de filtración	10 µm
Diámetro de la rosca	B (3/4 in)

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.2.13. Selección de la botonera

Para el encendido y apagado del sistema, se utilizará un gabinete que contará con dos botones pulsadores para activar y desactivar el arranque del motor. La selección de este gabinete dependerá de la potencia que se utilizará en el motor y del tipo de arranque que tenga. Como nuestro motor es monofásico, utilizaremos el arrancador de la marca WEG para una potencia de 2HP(1.5KW) con una corriente de hasta 12.5 A.

ARRANCADOR DIRECTO MONOFÁSICO CON RELÉ TÉRMICO



Código	Potencia	Corriente	Voltaje VAC	Tamaño	Empaque
10871760	1HP	10A - 15A	110	04	1
10046273	1HP - 1.5HP	5.6A - 8A	220	04	1
10046376	2HP	8A - 12.5A	220	04	1
10871758	3HP	11A - 17A	220	04	1
10046438	5HP	15A - 23A	220	04	1

Ilustración 23-3: Selección de la botonera de arranque

Fuente: (Electricoindustrial S.A., 2020, p. 24)

3.2.14. Selección del cilindro hidráulico

El cilindro que se usara en el proyecto requiere las dimensiones que se indican en la Tabla donde se describen las características del cilindro hidráulico que cuenta la prensa hidráulica de los laboratorios de soldadura. Es importante destacar que se necesita un actuador de doble efecto, con una carcasa exterior de 6 pulgadas de diámetro, un vástago de 3.5 pulgadas de diámetro y una carrera de 16 cm.

En función de estas necesidades nos dirigimos al catálogo de ENERPAC en donde encontramos cilindros hidráulicos de doble efecto con las dimensiones requeridas para este caso se selecciona un cilindro de serie RR506 con carrera de 156 mm, a continuación, se detallan las características más importantes del cilindro seleccionado:

Tabla 17-3: Características del cilindro hidráulico

Parámetro	Valor
Presión máxima	400 Bar
Capacidad	50 ton
Carrera	156 mm
Clase de retorno	Doble acción, retorno hidráulico
Tipo de embolo	Solido(acero)
Avance efectivo	71.2 cm ²
Diámetro exterior	6 in (152 mm)
Peso	30 Kg

Fuente: (ENERPAC S.A., 2022, p. 10)

3.2.14.1. Fuerza máxima proporcionada por el cilindro hidráulico

En función del principio de Pascal, podemos establecer que la fuerza máxima que proporcionará el cilindro hidráulico está en relación con la presión máxima que proporcione la bomba hidráulica. Según lo establecido en el catálogo, la presión máxima que se puede alcanzar a 1800 rpm es de alrededor de 250 bar. Si por factores de seguridad tomamos el diámetro interior del cilindro como 4 pulgadas, podemos encontrar el área del mismo.

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} * (0.102)^2$$

$$A = 0.0082 \text{ m}^2$$

Si el valor de la presión máxima la transformamos a Pascales tenemos que la presión será de:

$$P_{max} = 25000000 \text{ Pa}$$

Si estos valores de presión y área los remplazamos en el principio de pascal podremos encontrar la fuerza máxima que entregue la central hidráulica

$$P_{max} = \frac{F_{max}}{A}$$

$$F_{max} = P_{max} * A$$

$$F_{max} = (25000000 \text{ Pa}) * (0.0082 \text{ m}^2)$$

$$F_{max} = 204282.062 \text{ N}$$

Si este valor de newton lo transformamos a toneladas fuerzas tendremos que la fuerza máxima entregada por la central hidráulica es

$$F_{max} = 20.83 \text{ tonf}$$

3.2.14.2. *Velocidad de avance del vástago*

Una vez instalado el sistema, procedemos a comprobar la velocidad de avance del vástago. Para esto, mediante la ecuación de continuidad, podemos hallar la velocidad de avance. Consideramos que el caudal entregado por la bomba es de 4 litros por minuto y el diámetro del cilindro será de 0.102 metros. Con estos datos, tenemos:

$$V(mm/s) = \frac{Q(lpm)}{60 * A(m^2)}$$

Si remplazamos los valores tenemos que

$$V(mm/s) = \frac{(6 \text{ lpm})}{60 * (0.0082 \text{ m}^2)}$$
$$V = 9.156 \text{ mm/s}$$

3.2.15. *Construcción de accesorios para el ensayo de doblado*

Para llevar a cabo los ensayos de doblado en juntas soldadas se requieren equipos y herramientas con dimensiones ya establecidas en la norma, la Ilustración y la Tabla indica cuales son las dimensiones de la matriz para el doblado, en ellas se establece que para llevar a cabo el ensayo de doblado en probetas de 3/8 de pulgada de espesor el radio del punzón debe ser de 19 mm mientras que la longitud total del punzón será de 170 mm, el maquinado del punzón se lo realiza mediante un torneado, para realizar la unión del punzón con el cilindro se realiza un acople roscable al vástago del cilindro, este acople tiene un diámetro exterior de 87 mm se decidió crear una rosca inglesa con una longitud de rosca de aproximadamente 25 mm, además cuenta con un paso de 2 mm y el ángulo entre flancos es de 60°, para realizar la unión entre el punzón y el acople se procede a realizar un agujero en el acople con las dimensiones del punzón y con una profundidad de 5 mm, luego se introduce el punzón y se realiza cordones de soldadura(MIG). En la Ilustración muestra la creación del punzón para realizar los ensayos de doblado en juntas soldadas



Ilustración 24-3: Punzón para ensayos de doblado

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Adicional a esto se requiere otro acople para el cilindro, el cual servirá para usos varios que se realicen en la prensa, este acople tendrá las mismas dimensiones que el acople con el punzón.



Ilustración 25-3: Acoples para usos varios

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.2.16. Ensamble total del sistema

El ensamblaje del sistema comienza una vez que se han seleccionado y construido todos los elementos necesarios para que el sistema hidráulico funcione correctamente. Para el armado de la central hidráulica, todo comienza desde la instalación de la bomba. Es importante verificar que los orificios en el depósito de aceite coincidan con la posición deseada para la bomba. Luego se procede a instalar el conjunto bomba-motor en la base que se ubicará encima del tanque de aceite. A continuación, se instala el filtro de succión en la línea que entra a la bomba. En la línea de descarga de la bomba se instala un codo CF a 90° y se incorpora una T hembra giratoria métrica. Luego es necesario la instalación de las mangueras en la válvula direccional de cuatro vías y tres posiciones.

Es importante reconocer cada una de las entradas, ya que todas están diseñadas para cumplir una función específica, direccionando el fluido de trabajo. Asimismo, en la válvula direccional se

encuentra incorporada la válvula de alivio de presión, la cual se regulará cuando el sistema esté completamente armado. Para las conexiones de las mangueras que saldrán de la válvula 4/3 con dirección al cilindro se necesitarán los codos a 90° CF, mientras que para las conexiones que irán a la descarga de la bomba y al retorno al tanque tendrán una unión hembra.

La válvula se sujetará a la prensa mediante una base que se encontrará empernada a unas platinas que se colocan mediante soldadura a la columna de la prensa. La ilustración que se muestra a continuación describe la instalación de la válvula direccional.

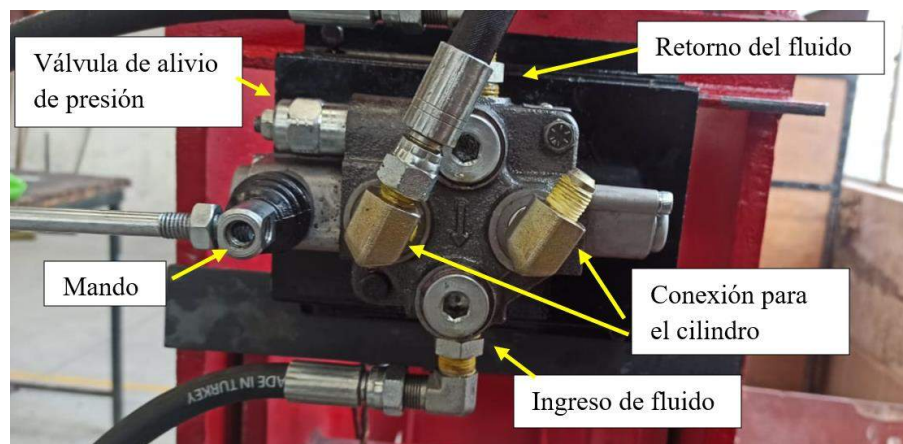


Ilustración 26-3: Instalación de la válvula direccional 4/3

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Para el ensamblaje del cilindro, consideramos que la prensa presenta una placa base en la cual se enrosca el cilindro hidráulico. Una vez terminado este proceso, se procede a introducir los pernos de acoplamiento, los cuales ayudarán a centrar de manera adecuada el cilindro en la posición ideal de trabajo. Luego de esto, se procede a instalar las mangueras hidráulicas, verificando cuál será la dirección de trabajo de la válvula direccional. Una vez instalado, se controla que todas las conexiones roscables estén correctamente aisladas.

En este punto, se instalan en el depósito de aceite el filtro de llenado y el medidor de nivel de aceite. Luego de esto, se procede con la instalación del filtro de retorno. Para esto, el filtro se instala en la línea de retorno al tanque que sale desde la válvula direccional, la Ilustración muestra la instalación de los sistemas de filtrado para el llenado con su respectiva tapa y el medidor de nivel de aceite.



Ilustración 27-3: Instalación del filtro de aceite y medidor de nivel en el depósito

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Una vez colocados todos los elementos necesarios para que nuestro sistema funcione, se procede con el llenado de aceite. Para esto, se considera que el mismo será cuatro veces el caudal, por lo que se coloca una caneca de aceite. Para culminar, se coloca la botonera, verificando que la conexión del motor proporcione 220 V. Realizadas todas las instalaciones y verificaciones, el sistema hidráulico para el accionamiento de la prensa se verá reflejado en la operación de esta.

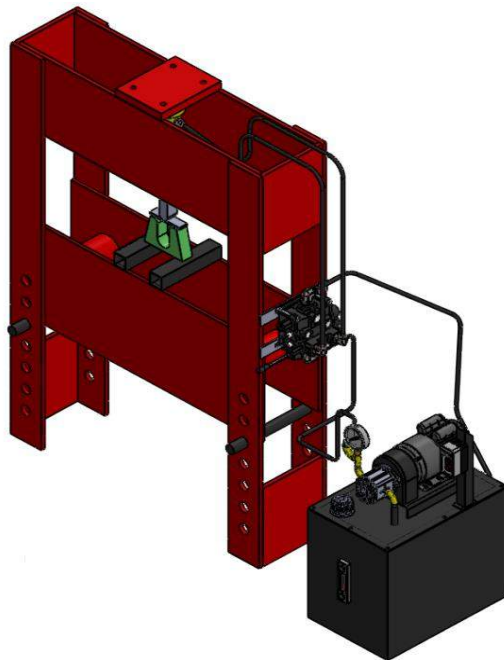


Ilustración 28-3: Central hidráulica a instalar en la prensa

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.



Ilustración 29-3: Sistema hidráulico implementado en la prensa

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

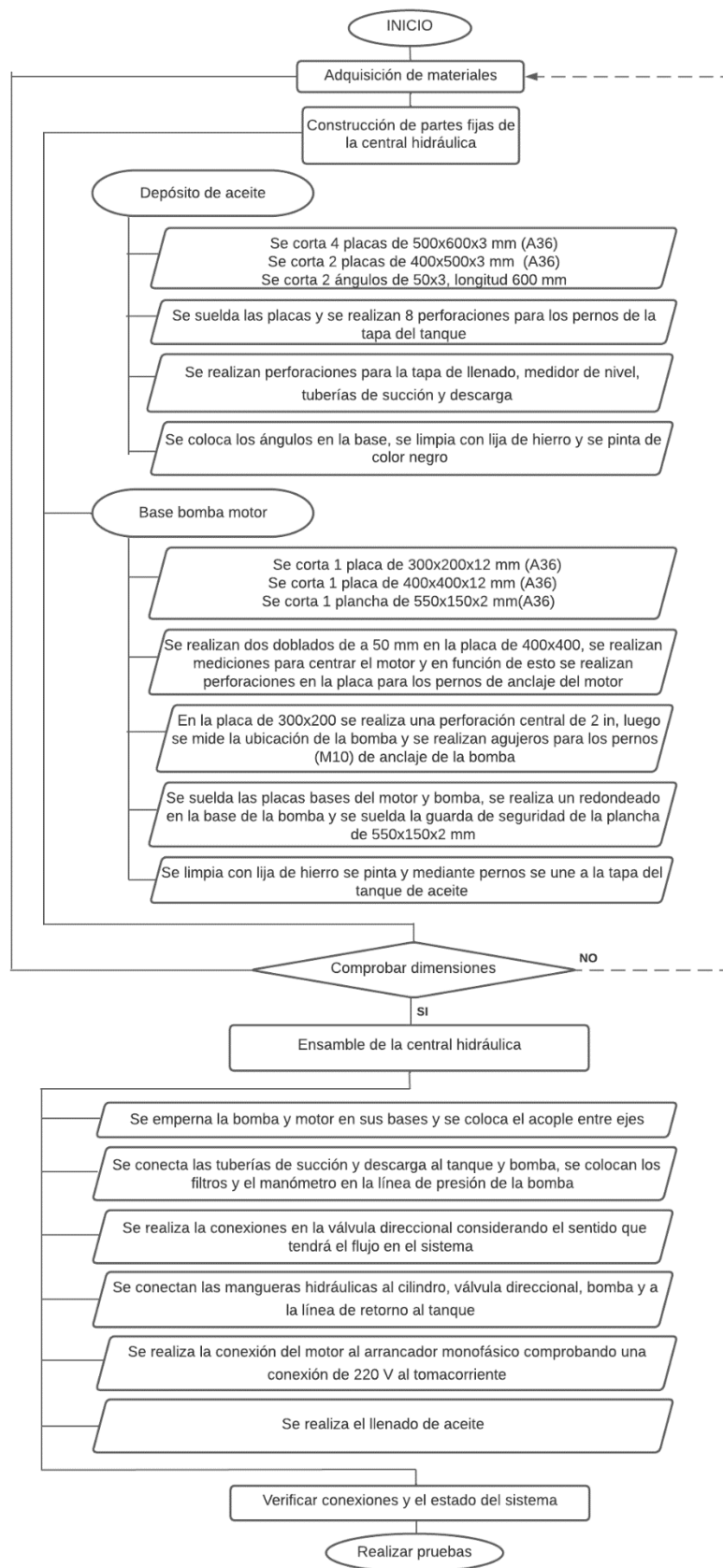


Ilustración 30-3: Diagrama del proceso de construcción

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.3. Análisis de elementos finitos

Es importante mencionar que el análisis de elementos finitos no es una solución exacta, sino una aproximación numérica que se acerca a la solución real. Por lo tanto, se requiere una validación experimental para verificar los resultados obtenidos mediante el análisis de elementos finitos y confirmar la precisión de estos. El uso del análisis de elementos finitos en la ingeniería es amplio y se utiliza en una variedad de aplicaciones como en la aeronáutica, la automotriz, la industria naval, la construcción de puentes, edificios y muchos más. Durante el post proceso se analiza y evalúa resultados, el software Postprocesador contiene rutinas sofisticadas para clasificar, imprimir y plotear resultados selectos de una solución.

Los resultados de esta etapa son importantes porque con ellos se determina, utilizando el juzgamiento ingenieril, si es que estos resultados son físicamente razonables.

3.3.1. Identificación de las propiedades de los materiales

En primer lugar, es necesario considerar la recolección de datos del modelo que se analizará. En nuestro caso, realizaremos un análisis para un ensayo de doblado, por lo que debemos verificar qué parámetros utilizaremos en el análisis dinámico. Una vez que hemos obtenido el tipo de análisis deseado, es necesario especificar las propiedades mecánicas del material del elemento que se desea analizar. Para este estudio, compartiremos los materiales que se analizarán, como el acero estructural, el acero SAE-1045 y el material de soldadura E7018, seleccionados de la lista de materiales.

	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data			Source	Description
2	Material				
3	Structural Steel		General_Materials.xml		Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
Click here to add a new material					

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m^-3		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young'			
8	Young's Modulus	2E+11	Pa		
9	Poisson's Ratio	0,3			

Ilustración 31-3: Propiedades del material a usarse

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.3.2. Designación de la geometría

El siguiente paso es crear la geometría del elemento que vamos a analizar, es importante mencionar que se importara el diseño del sistema de doblado, para esto se diseñara el punzón, la probeta y la matriz en función de la norma, la Ilustración indica cuales son las dimensiones que debe tener la matriz de doblado, una vez que se obtiene la geometría se procede a importar al programa para su posterior análisis.

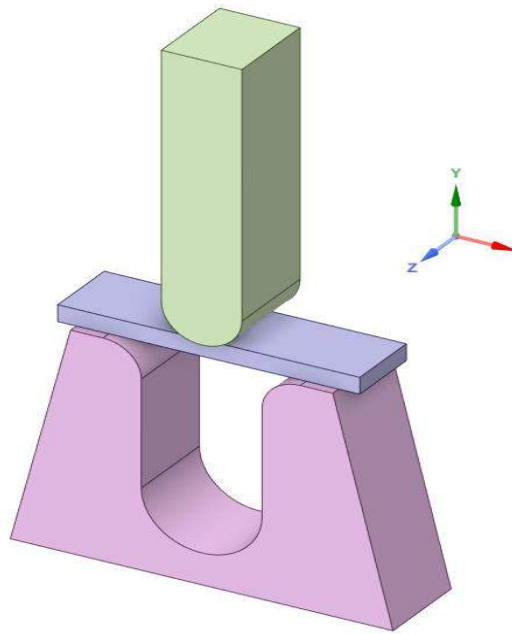


Ilustración 32-3: Geometría para la simulación

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.3.3. Creación del mallado

El mallado se debe definir en función a la geometría de la figura que será analizada y las propiedades geométricas, algunos elementos presentan mayor facilidad para que el mallado se realice de forma fácil, sin embargo, la densidad de la malla afectará directamente el tiempo de modelación en el software; a mayor densidad mayor consumo de capacidad del procesador.

En ocasiones puede resultar interesante realizar el mallado de una superficie únicamente con cuadriláteros, en este tipo de malla, la calidad de los elementos cuadriláteros más irregulares está relacionada con la calidad de los triángulos de los que provienen.

Para nuestro caso sabemos que es una pieza tridimensional por lo que es necesario realizar el primer mallado para lo cual se utilizara un refinamiento y un *face sizing*, esto con el fin de generar una buena calidad de mallado, comprobamos esta calidad en la pestaña *display style*, específicamente en *element quality*, seleccionando las estadísticas.

Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	0,45247
<input type="checkbox"/> Max	0,99971
<input type="checkbox"/> Average	0,96058
<input type="checkbox"/> Standard Devi...	6,6258e-002

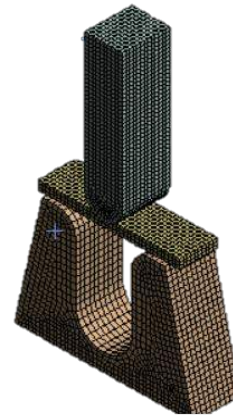


Ilustración 33-3: Creación del mallado

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.3.4. Asignación de cargas y apoyos

Una vez verificada que la calidad de mallado cumpla la expectativa deseada podemos detallar cual será el tipo de material del modelo, así como también definir las condiciones de apoyo y contorno, especificar los contactos del sistema y aplicar las cargas a las cuales estará sometida la probeta, para esto colocamos un *fixed support* y condiciones típicas del estudio en el apartado de condiciones iniciales como lo son la velocidad inicial y el tiempo de estudio del modelo.

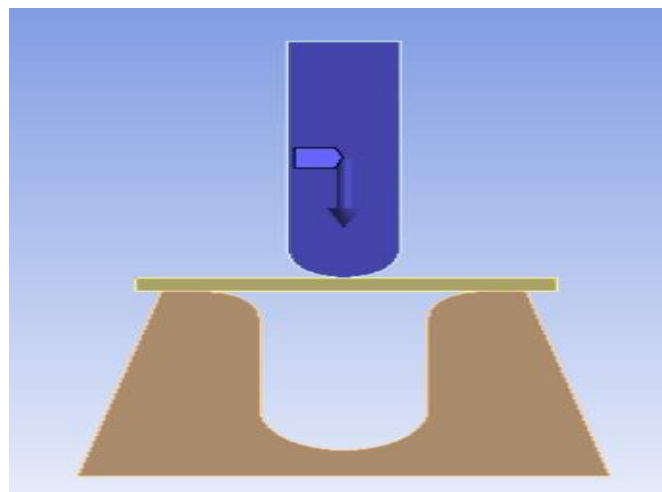


Ilustración 34-3: Aplicación de velocidad y apoyos fijos

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.3.5. Resultados de la simulación

En la sección de soluciones, específicamente en la pestaña de esfuerzos se extrae las soluciones para cada caso, contrastando los resultados de esfuerzos para cada modelo siendo el esfuerzo de Von Mises la magnitud que se encuentra luego de realizar la simulación.

3.3.5.1. Caso 1

Para el primer caso se realiza el análisis para un ensayo de doblado con la particularidad de que la muestra a ensayar es una placa de acero de 10 mm de espesor sin soldadura.

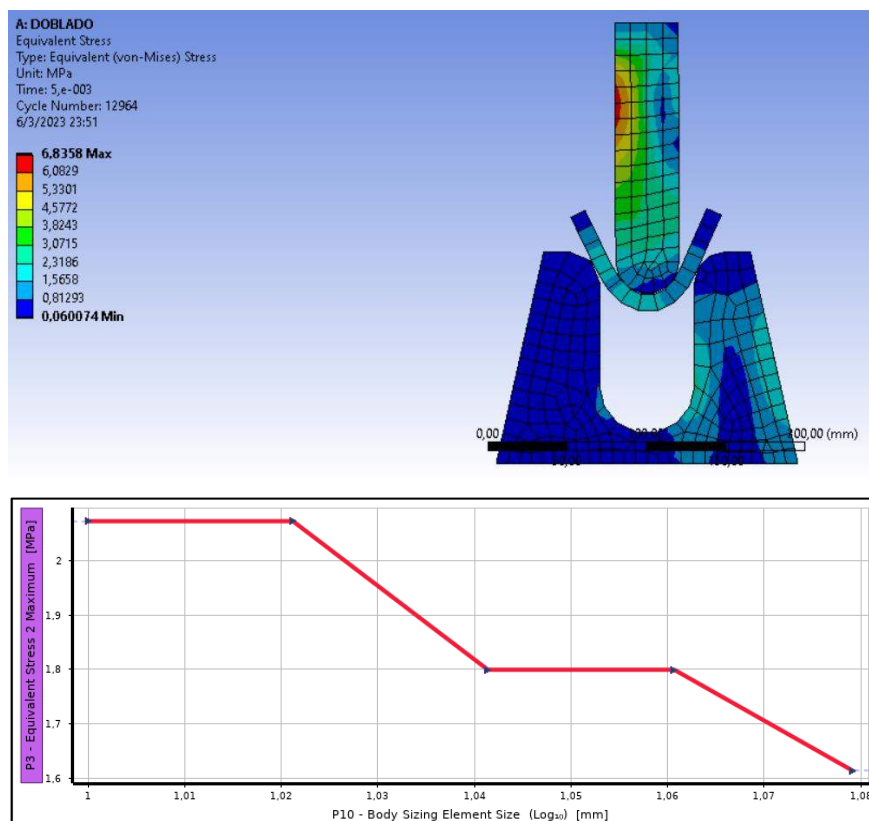


Ilustración 35-3: Esfuerzo Von Mises para doblado en placa espesor 10 mm sin soldadura

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.3.5.2. Caso 2

Para el segundo caso se realiza el análisis para un ensayo de doblado con la particularidad de que la muestra a ensayar es una placa de acero de 10 mm de espesor con un cordón de soldadura con las propiedades del electrodo E7018 este estudio se hace en base a las dimensiones establecidas en el procedimiento de soldadura para el biselado de las placas.

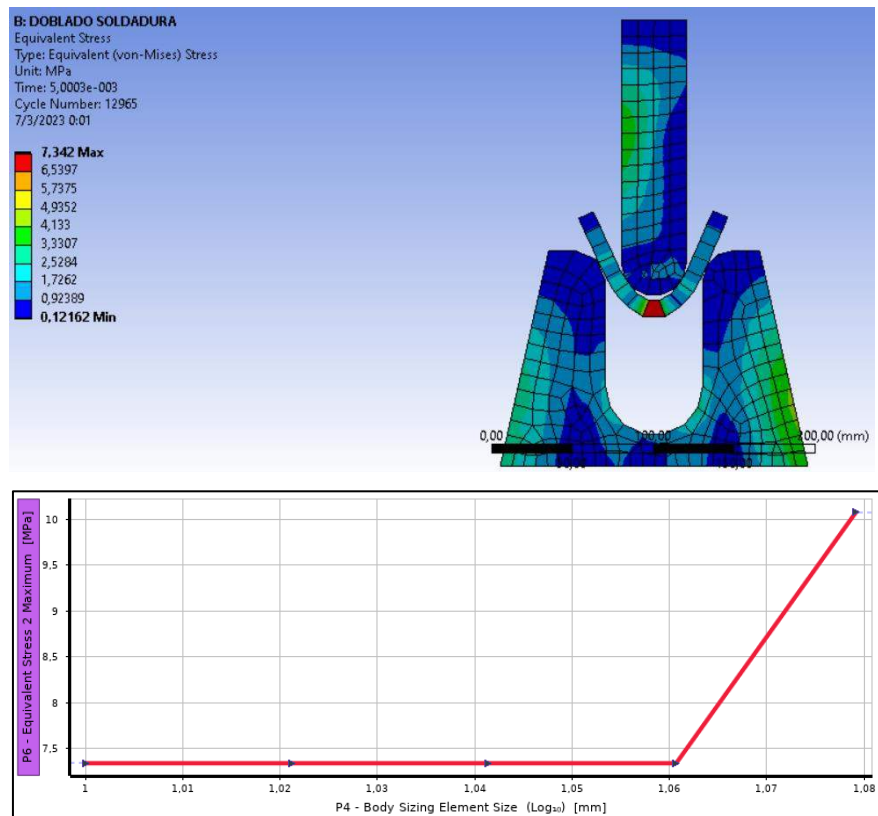


Ilustración 36-3: Esfuerzo de Von Mises para placa de espesor 10 mm con soldadura

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.3.5.3. Caso 3

Para el último caso se realiza el análisis para un ensayo de doblado con la particularidad de que la muestra a ensayar es una placa de acero de 10 mm de espesor con un cordón de soldadura con las propiedades del electrodo E7018 con socavación en los extremos de la soldadura.

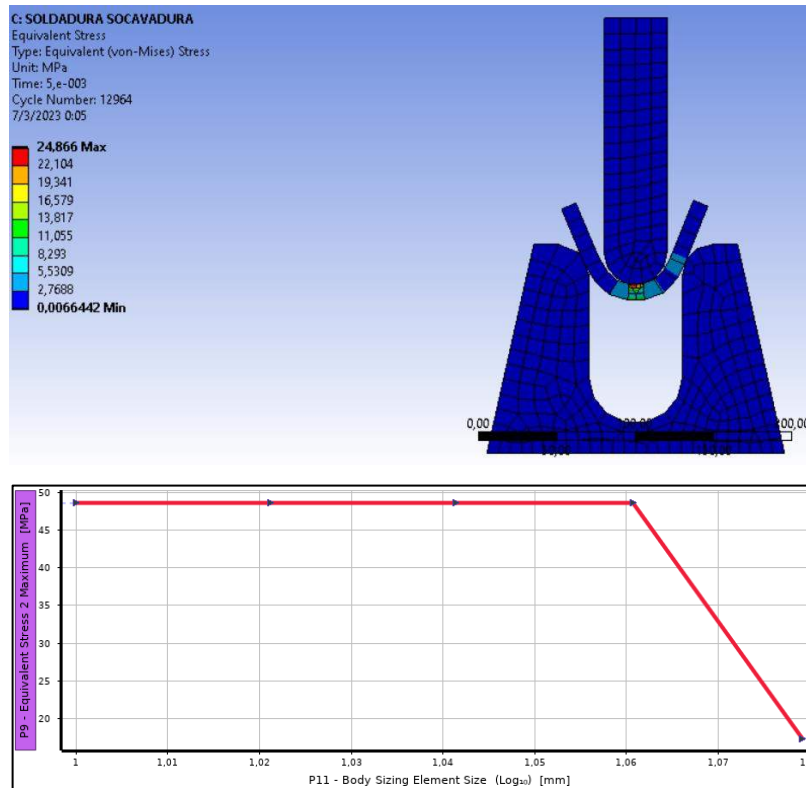


Ilustración 37-3: Esfuerzo de Von Mises de placa de 10 mm soldada con socavamiento

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

3.3.6. Comparación de resultados

Una vez culminados los tres análisis, se procede a comparar los resultados. Se puede determinar fácilmente que el esfuerzo es mayor en las probetas con socavamiento debido a que cuentan con un área inferior para soportar la fuerza de doblado. Por otro lado, se puede observar que el esfuerzo en las probetas con soldadura y sin soldadura es bastante parecido, lo que indica que las propiedades de los materiales base y de aporte son similares. A continuación, se detallan los esfuerzos máximos en las placas obtenidos en los tres casos.

Tabla 18-3: Comparación de resultados

Caso	Esfuerzo máximo obtenido en la placa
Placa sin soldar	2.072 MPa
Placa con soldadura	7.342 MPa
Placa con soldadura y socavamiento	48.589 MPa

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

CAPÍTULO IV

4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

En este apartado se busca demostrar el correcto funcionamiento de los equipos seleccionados para la construcción de nuestra central hidráulica, además de verificar la capacidad que tendrá la prensa, matriz y punzón de doblado. Para esto comenzamos realizando ciertas pruebas de funcionamientos del sistema hidráulico.

4.1. Pruebas de funcionamiento del sistema implementado

Toda máquina o equipo mecánico recién construido requiere una serie de pruebas para comprobar su óptimo funcionamiento. Por tanto, es necesario verificar que no existan fugas y comprobar que los equipos se hayan armado de la manera correcta. A continuación, se presenta una tabla detallando la verificación de cada uno de los elementos seleccionados y modificados para la central hidráulica.

Tabla 1-4: Pruebas de funcionamiento

Elemento	Descripción de la prueba
Tanque	Comprobar que el tanque tenga la capacidad esperada
	Verificar que no existan fugas
	Comprobar que la tapa, medidor de nivel de aceite, y filtros estén colocados correctamente
Bomba	Comprobar que no exista fugas ni fallas a simple vista
	Asegurar el caudal sea el esperado
	Comprobar el alineamiento con el acople bomba-motor
	Comprobar la instalación de tuberías de succión y descarga
Motor	Comprobar la conexión eléctrica
	Verificar que esté completamente fijo a su base y esta a su vez al tanque
Cableado	Verificar que la conexión 220 este realizada de la manera correcta
	Comprobar que no vaya a existir algún tipo de cortocircuito al encender el sistema
	Verificar que no existan cables pelados que puedan ocasionar accidentes
Mangueras y conexiones	Comprobar que no existan cortes o imperfecciones
	Verificar que no existan fugas a la presión de trabajo
	Comprobar que las mangueras no tengan dobleces
Válvula direccional	Comprobar que las conexiones estén realizadas correctamente en función del accionamiento que se espera
	Verificar que no existan fugas en la conexión con los acoples
Válvula de alivio de presión	Comprobar que no se encuentren fallas a simple vista
	Regular la presión a la que esta se activara

Cilindro hidráulico	Comprobar que los sellos están colocados correctamente
	Realizar prueba de estanqueidad a 3000 psi
	Comprobar que cumpla con la carrera esperada
Matriz y punzón de doblado	Verificar que el sistema soporte para doblado de 10 mm
	Comprobar que el sistema logre doblar probetas de 10 mm

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.1.1. Prueba de estanqueidad

Una vez seleccionados e integrados todos los elementos del sistema hidráulico, se procede a verificar su funcionamiento y realizar las respectivas pruebas. Después de instalar correctamente el cilindro hidráulico, se realiza una prueba de estanqueidad, para lo cual se introduce aceite a una presión de 200 bares. Esta prueba permite verificar que el aceite no esté pasando de una cámara a otra, encontrar fugas externas y asegurarse de que el cilindro se desplace correctamente. La Ilustración muestra cómo se realizó la prueba de estanqueidad del cilindro hidráulico luego de su modificación



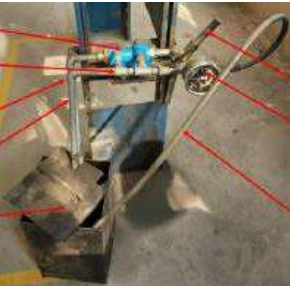





Ilustración 1-4: Prueba de estanqueidad en el cilindro hidráulico

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.1.2. Comparación entre el estado actual y pasado de la prensa hidráulica

Para esto, comenzamos indicando la comparación entre el estado en que se encontraba el sistema hidráulico y el estado del sistema accionador implementado. En función de esto, la Tabla muestra la comparación entre elementos como son el tanque de almacenamiento del aceite, el tipo de bomba utilizada, el accionamiento del cilindro hidráulico, el estado de las mangueras entre otros.

Tabla 2-4: Comparación entre el estado actual y antiguo de la central hidráulica

Elemento	Estado pasado	Estado actual
Sistema completo		
Depósito de aceite		
Filtros	Sin filtro	
Bomba-motor		
Válvula direccionadora	Sin válvula direccional	

<p>Manómetro</p>		
<p>Mangueras y conexiones</p>		
<p>Cilindro hidráulico</p>		

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2. Construcción de las juntas soldadas para pruebas de doblado

Las probetas para llevar a cabo el ensayo deben estar establecidas en la norma, por lo que esta sección se basará en los requerimientos y especificaciones que deben tener las probetas para llevar a cabo las pruebas de doblado.

4.2.1. Preparación del material base

Según los requerimientos establecidos tanto en la norma AWS B4.0 como en la AWS D1.1, es necesario llevar a cabo la preparación de la muestra para realizar la soldadura. En primera instancia, debemos identificar si el procedimiento de soldado se realizará en tubo o en placa. Luego, es necesario saber con precisión qué tipo de junta soldada trabajaremos. Para nuestro caso, hemos escogido una junta a tope soldada en posición plana (1G). la Tabla indica cuales son los parámetros más importantes para el diseño de la junta soldada según la AWS D1.1

Tabla 3-4: Especificaciones de la junta precalificada

Proceso de soldadura		Designación de junta	Espesor del metal base (U - ilimitado)		Preparación de la ranura		Posición de soldadura permitidas
			T1	T2	Apertura de la raíz Cara de la raíz Ángulo de la ranura	Tolerancias	
SMAW	B-U2	U	--		R = 0 a 1/8	+1/16, -0	Todas
					f = 0 a 1/8	+1/16, -0	
					a = 60°	+10°, -0°	
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	---		R = 0 a 1/8	+1/16, -0	Todas
					f = 0 a 1/8	+1/16, -0	
					a = 60°	+10°, -0°	

Fuente: (AWS D1.1 2020, p. 84)

La Tabla muestra los requerimientos de las dimensiones para la junta soldada, para realizar este ensayo consideramos que la longitud de la abertura de raíz y del talón sean de aproximadamente 3 mm además el ángulo de bisel es de 30°.

Las probetas que se utilizarán para llevar a cabo las pruebas son dos placas planas de acero al carbono A36 con un espesor de 3/8 de pulgada, una longitud de 130 mm y un ancho de 80 mm. Para obtener estas piezas se requiere realizar un corte mediante oxicorte, para lo cual es necesario utilizar mandil para protegerse de las salpicaduras, guantes y mangas de cuero para la protección de las manos y brazos, calzado adecuado para la seguridad de los pies y los tobillos, y lentes de seguridad para el oxicorte con el fin de tener una buena visión durante el proceso y proteger los ojos.

El sistema de oxicorte funciona con corriente eléctrica y tiene mangueras que conducen el oxígeno y el acetileno, además de una boquilla por donde sale el gas. Para encender el soplete se utiliza un chispero.

Es recomendable que antes de iniciar el corte se verifique que la presión del oxígeno y del acetileno se encuentren en el rango adecuado y que no haya fugas en las mangueras o en la boquilla del soplete. Además, durante el corte es importante mantener una postura erguida y estable para evitar accidentes. Una vez finalizado el corte, es necesario realizar un proceso de limpieza y desbarbado en las piezas para asegurar que no haya residuos o filos cortantes. La Ilustración indica como se realizó el corte de las placas base



Ilustración 2-4: Corte mediante plasma de las placas

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Si la velocidad y la regulación de la llama son adecuadas, el corte será perfecto, lo cual se puede apreciar cuando la chispa pasa sin dificultad al otro lado del material. Además, al final del corte se puede obtener una placa sin estrías ni rebabas. Tanto la cara de la raíz como el ángulo de bisel de las placas se realizarán mediante un proceso de esmerilado. Para usar esta máquina, es necesario usar una máscara facial para proteger el rostro de las salpicaduras. El bisel es de 30°, para realizarlo se deben señalar los 3 milímetros de longitud del talón y hacer marcas para señalar los ángulos de la ranura. Para conseguir un acabado uniforme, se utilizará un disco de pulir y se finalizará con una lima. Es importante tener mucho cuidado en la preparación del bisel y la cara de la raíz, ya que, si no son uniformes, afectarán la regulación del amperaje.



Ilustración 3-4: Creación de bisel en placas base

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.2. Selección del metal de aporte

Para seleccionar de una manera adecuada el material de aporte es necesario considerar parámetros que son de mucha relevancia como es el equipo para soldar, el tipo de material base, las dimensiones que esté presente, la posición de soldadura y el tipo de cordón que se desee.

A partir de lo detallado en la norma AWS D1.1 y lo mencionado en la Tabla se establece que el material de aporte para una soldadura por arco eléctrico cuando se utiliza el acero ASTM A36 como material base es un electrodo celulósico de la serie E60XX para el pase de raíz y un electrodo de la serie E70XX para los pases de relleno, para nuestro trabajo hemos escogido el electrodo E6010 para los pases de raíz y los electrodos E7018 para los pases de relleno. En las tablas de a continuación se detallan las propiedades mecánicas de los electrodos empleados para nuestro procedimiento de soldadura, así como el diámetro del electrodo y los rangos de amperaje que sugiere el fabricante.

Tabla 4-4: Propiedades del electrodo E6010

E6010 Electrodo revestido tipo Celulosico-sodico	
Diámetro	1/8 in
Amperaje	70 a 80 Amp
Resistencia a la tracción	60-70 KSI
Límite de fluencia	50-60KSI
Elongación	22-33%
Resistencia al impacto Charpy en V a -29°C	27-100 Joules

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Tabla 5-4: Propiedades del electrodo E7018

E7018 Electrodo revestido con bajo contenido de hidrogeno	
Diámetro	1/8 in
Amperaje	100 - 120 Amp
Resistencia a la tracción	70-80 KSI
Límite de fluencia	58-70 KSI
Elongación	22-36%
Resistencia al impacto Charpy en V a -29°C	100 Joules

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.3. Apuntalado

Para realizar el apuntalamiento, se necesitan dos placas del mismo espesor que la placa base, con una longitud de 80 y un ancho de 50. En la mitad del lado más largo, se realizará un acanalado

similar a las dimensiones del bisel donde se iniciará y terminará la soldadura. Además, estas placas adicionales también ayudan en la regulación del amperaje.

Antes de iniciar con el apuntalado, es necesario verificar que la mesa para soldar esté totalmente plana, esto con el fin de facilitar el alineamiento entre las placas. Luego, se realiza el alineado teniendo en cuenta que la separación de raíz debe ser de 3 mm. Posteriormente, se procede al apuntalado con el electrodo celulósico E6010 de 1/8 de diámetro. Es importante soldar bien las placas para el apuntalado con el metal base para asegurar una buena unión. Después del apuntalado, se procede a limpiar la probeta con un cincel o con una escobilla de acero para eliminar las salpicaduras y escoria generadas durante el soldeo.



Ilustración 4-4: Colocación de placas antes de realizar el apuntalado

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.4. *Proceso de soldadura de las juntas*

Para llevar a cabo el proceso de soldadura se utilizará una fuente de poder de la marca Lincoln Electric, la cual es muy potente y eficiente, además de ser ligera y contar con un buen diseño, lo que permite soldar con un proceso de voltaje o amperaje constante en la soldadura SMAW. La regulación del amperaje se realiza en la misma posición de soldeo y con corriente continua de polaridad inversa. Se realiza una pasada en las placas de apuntalado para verificar que la corriente utilizada sea la adecuada. Si la regulación del amperaje es la correcta, se puede observar en el primer pase un orificio del diámetro de la varilla, es decir, de 1/8 de pulgada. Se utilizarán los electrodos E6010 al inicio, ya que tienen una buena penetración en el pase de raíz. Posteriormente, se realizarán el resto de los pases con electrodo E7018. Durante el soldeo, se debe mantener la velocidad de avance, la altura del arco y el movimiento constante, ya que estos tres factores garantizan un buen trabajo de soldadura. Para el primer pase de raíz, se utilizará el electrodo E6010 de 1/8 de pulgada con corriente continua de polaridad inversa y un amperaje de 95 amperios. El soldeo se realizará con un movimiento oscilatorio en forma de "U".

Una vez finalizado el soldeo del pase de raíz, es necesario realizar una limpieza con una herramienta de esmerilado o con un disco de 1/8 de pulgada, con el fin de obtener una buena fusión entre los cordones y eliminar cualquier exceso de material del cordón de soldadura.

Para el segundo pase se utiliza el electrodo E7018 de 1/8 de diámetro con corriente continua de polaridad inversa, para este electrodo se utiliza una corriente de 120 amperios aproximadamente, el soldeo se realiza con un movimiento oscilatorio en forma de zigzag, el relleno quedará 1 mm por debajo del Raz del material base para el segundo y tercer pase ya no es necesario el uso del esmeril para la limpieza pero después de culminar cada cordón y pase es importante limpiar las salpicaduras y la escoria con una escobilla de mano.

Para la fase de acabado se utiliza el electrodo E7018 de 1/8 de diámetro, con corriente continua de polaridad inversa a 125 amperios. El soldeo debe realizarse con un movimiento oscilatorio en forma de medialuna. al finalizar el trabajo de soldeo se debe limpiar la probeta soldada eliminando la salpicadura, escoria y residuos que haya quedado.



Ilustración 5-4: Placa completamente soldada

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

A continuación, se especifica cuáles son los parámetros más importantes que se consideran en esta etapa de soldadura

Tabla 6-4: Especificaciones del procedimiento de soldadura

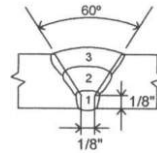
N° Pase	V (Volt)	A DC* (amp)	Longitud (mm)	Tiempo (seg)	Vel. Avance (mm/s)
1	30	95	130	32	4
2	22	120	130	41	3
3	23	125	130	47	3

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

Una vez culminado el proceso de soldadura, es necesario detallar cuáles fueron los métodos, materiales y equipos utilizados en el mismo. Para ello, se empleó un procedimiento de soldadura basado en la norma AWS D1.1, considerando una junta en V con una soldadura de penetración completa. A continuación, se presenta el procedimiento de soldadura utilizado en esta tesis.

Tabla 7-4: Procedimiento de soldadura

ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA WPS						EMPRESA	ESPOCH	
						REVISION	1	
						FECHA	26/2/2023	
WPS No:	1	PQR N°	1	CODIGO APLICABLE:	AWS D1.1			
PROCESO DE SOLDADURA:	SMAW			TIPO:	MANUAL			
ESPECIFICACIONES DE LA JUNTA SOLDADA								
PLATINA	X	TUBERIA						
DISEÑO DE LA JUNTA		Junta a tope (ver esquema)						
TIPO DE BISEL		Ranura en V Sencilla						
SIMPLE	X	DOBLE						
ABERTURA DE RAIZ	3,2 mm	ANGULO DE RANURA	60°					
PLATINA DE RESPALDO	SI	NO	X					
LIMPIEZA DE RAIZ	SI	METODO	Esmeril					
MATERIAL DE RESPALDO	N/A							
ESPECIFICACIONES DEL METAL BASE								
PLACA 1				PLACA 2				
ESPECIFICACION	ASTM A36			ESPECIFICACION	ASTM A36			
ESPEJOR	3/8 in	N° GRUPO	1	ESPEJOR	3/8 in	N° GRUPO	1	
LIMITE DE FLUENCIA	36 KSI	RESISTENCIA A LA TRACCION	60 KSI	LIMITE DE FLUENCIA	36 KSI	RESISTENCIA A TRACCION	60 KSI	
ESPECIFICACIONES DEL METAL DE APORTE				ESPECIFICACION DE LA POSICION DE SOLDADURA				
N° PASADA	1	2	3	RANURA:	1G			
ESPECIFICACION No (SFA)	5,1	5,1	5,1	PROYECCION DE LA SOLDADURA	Horizontal ascendente			
CLASIFICACION AWS No	E 6011	E 7018	E 7018	POSICION DEL FILETE:	N/A			
ESPEJOR DEL ELECTRODO	1/8 in	1/8 in	1/8 in	ESPECIFICACIONES DEL PRECALENTAMIENTO				
MARCA	Celulósico	Bajo hidrogeno	Bajo hidrogeno	TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO	N/A			
ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO TERMICO POST SOLDADURA				TEMPERATURA ENTRE PASES	N/A			
RANGO DE TEMPERATURAS	N/A			MANTENER PRECALENTAMIENTO	N/A			
RANGO DE TIEMPO	N/A			ESPECIFICACIONES DEL GAS DE PROTECCION				
TIEMPO DE ENFRIAMIENTO	N/A			PROTECCION	MEZCLA	GAS	RATA DE FLUJO	
				ARRASTRE	N/A	N/A	N/A	
ESPECIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS								
PASE No	PROCESO	MATERIAL DE APORTE		CORRIENTE		RANGO DE VOLTAJE	VELOCIDAD DE AVANCE in/min	TECNICA
		CLASE	DIAMETRO	POLARIDAD	AMPERAJE			
1	SMAW	E6011	1/8"	CD - EP	70 - 120	20 - 35	3" - 7"	RECTO
2	SMAW	E 7018	1/8"	CD - EP	70 - 120	20 - 35	3" - 7"	OSCILANTE
3	SMAW	E 7018	1/8"	CD - EP	70 - 120	20 - 35	3" - 7"	OSCILANTE
ELABORO			REVISO			APROBO		
FIRMA								
NOMBRE	TESISTAS		Ing. Santiago Choto			Ing. Santiago Choto		



Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.5. Inspección visual de la soldadura

Durante la inspección de la probeta soldada, es necesario verificar los criterios de aceptación. Si se ha cumplido con todos los requisitos, la probeta estará apta para realizar el ensayo de dobléz. La medición de la soldadura se realizará utilizando los siguientes instrumentos.

4.2.5.1. Calibrador de soldadura AWS

Con este instrumento se miden el refuerzo de la soldadura a tope, el tamaño de la soldadura de filete y la máxima concavidad y convexidad. Según el código AWS D1.1, se acepta un máximo de 3 mm o 1/8 pulgada de refuerzo de soldadura. La medición se realiza deslizando el instrumento a lo largo de toda la soldadura. Si se encuentra un punto que excede los 3 mm, toda la soldadura será rechazada, en la Ilustración se muestra la forma correcta de medir el refuerzo de cara de la junta soldada.



Ilustración 6-4: Medición de la altura del refuerzo de cara

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.5.2. Comprobador de soldadura AWS

Con este instrumento se realizan cuatro medidas esenciales durante la inspección visual: la profundidad de la socavación, la porosidad comparada en 1/8 y 1/16, la cantidad de porosidad por cada pulgada lineal y la altura del refuerzo de la soldadura. Mientras que la medición del refuerzo se realiza con el calibrador AWS, este instrumento únicamente nos ayuda a medir la porosidad y el socavamiento de la soldadura. Es importante mencionar que la socavación máxima permitida es de 1 mm.



Ilustración 7-4: Medición del socavamiento máximo

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.5.3. Calibrador pie de rey

Se utiliza para medir las fisuras o discontinuidades en la probeta doblada, tanto en la cara raíz como en el lado opuesto. Si en la probeta no se encuentran discontinuidades o estas están dentro de los criterios de aceptación, entonces la probeta es aceptada.

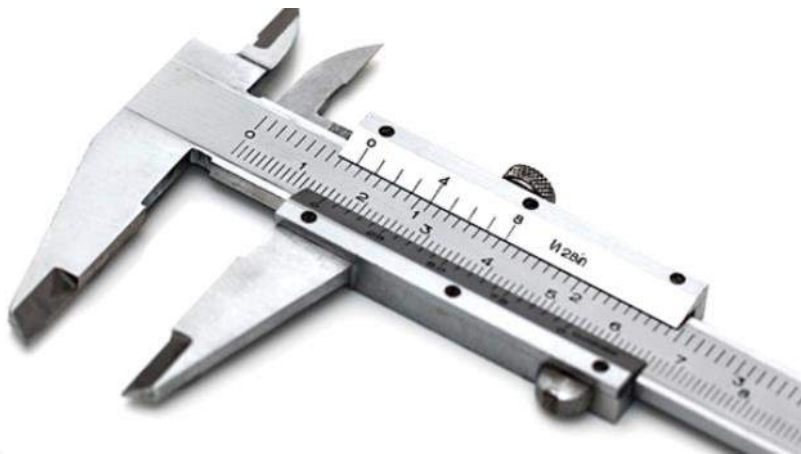


Ilustración 8-4: Calibrador pie de rey

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.6. Corte y estandarización de las probetas

Según los requerimientos de la norma AWS B4.0 y lo establecido en Tabla para llevar a cabo el ensayo de doblado de juntas soldadas se necesita probetas con dimensiones de 40 mm de ancho, 150 mm de largo, hay que considerar que se necesitan 2 placas ya que una se utilizará para el doblado de cara y otra para el doblado de raíz, mediante una regla metálica se medirá y se marcará el centro de la junta soldada desde ahí se procederá a señalar las probetas considerando los 40

mm para cada lado. El corte se realizará con un disco de corte de 3/32 de pulgada y, una vez terminado, se procederá a mejorar la superficie de corte mediante el uso del esmeril y una lima de desbaste. Después de obtener las probetas con las dimensiones establecidas, es necesario mejorar el acabado de estas. Para lograr esto, se debe reducir el tamaño del refuerzo hasta el roz del material base mediante el uso del esmeril. Asimismo, se debe esmerilar la parte de raíz para conseguir una superficie uniforme en toda la soldadura. Finalmente, se realizará un redondeado con un radio máximo de 2 mm en los extremos de las probetas y se marcará la cara y la raíz en ambas probetas.



Ilustración 9-4: Preparación de las probetas para doblado

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.7. Prueba de doblado

La AWS D1.1 establece la cantidad de probetas y el rango de espesores que se deben ensayar para calificar el procedimiento de soldadura (WPS). Según la Tabla , el número de ensayos a realizar varía en función del espesor de la junta soldada y del tipo de penetración de la soldadura. En el caso de una junta con penetración completa, se establece un número específico de ensayos que deben realizarse para dicha junta.

Tabla 8-4: Espesores y numero de pruebas para calificar una WPS

Espesor nominal in(mm)	Cantidad de probetas para calificar la WPS			
	Tracción	Doblado de raíz	Doblado de cara	Doblado lateral
$1/8 \leq T \leq 3/8$	2	2	2	N/A
$[3 \leq T \leq 10]$				
$3/8 < T < 1$	2			4
$[10 < T < 25]$				
1 y más	2			4
[25 y más]				

Fuente: (AWS D1.1 2020, p. 140)

La norma AWS D1.1 también establece los parámetros necesarios para calificar al soldador y operario de soldadura. Para esto, se sugiere consultar la Tabla , en la cual se indica la cantidad y tipo de probetas necesarias, así como el rango de espesor y diámetro calificados. Dependiendo del tipo de junta que se desea calificar, se puede determinar el número de ensayos requeridos para la calificación del soldador y operario de soldadura.

Tabla 9-4: Cantidad de ensayos para calificar al soldador

CANTIDAD ENSAYOS EN PLACA PARA CALIFICAR AL SOLDADOR							
Tipo de soldadura	Espesor nominal de la placa	Cantidad de probetas				Espesor nominal Placa	
		Doblado de cara	Doblado de raíz	Doblado lateral	Macroataque	Min.	Max.
Grove	3-ago	1	1	--	--	1-ago	3/4 max.
Ranura	$3/8 < t < 1$	--	--	2	--	1-ago	2t max.
ranura	1 o mas	--	--	2	--	1-ago	Sin limite
Tapón	3-ago	--	--	--	2	1-ago	Sin limite

Fuente: (AWS D1.1 2020, p. 155)

En función de lo mencionado en las tablas, nos basaremos en la calificación del soldador, donde para una junta soldada 1G se requiere realizar un ensayo de doblado de cara y uno de raíz. Para realizar el doblado, se necesita la matriz que se solicitará prestada a la Facultad de Mecánica. El émbolo que se utilizará posee un diámetro de una pulgada y media, mientras que la separación de la matriz se calibra con una dimensión de 60.3 mm.

La Ilustración y la Ilustración muestran el sentido que debe tener el doblado para evaluar la junta soldada según la AWS B4.0, entonces si queremos realizar el doblado de cara debemos saber que la cara será la superficie que se encuentre a tracción mientras que, si realizamos el doblado de raíz, la superficie en donde se realizó el talón será la que se encuentra a tracción.

Para comenzar el ensayo de doblado, primero verificamos que la matriz y el embolo estén lo más centrados posible. Para ello, utilizamos un calibrador para medir las distancias entre el embolo y la matriz, asegurándonos de que ambas sean iguales a ambos lados del embolo.

En primer lugar, realizamos el ensayo de doblado de cara, para lo cual nos ayudamos con las marcas que colocamos cuando estandarizamos las probetas. Las ubicamos hacia abajo y nos aseguramos de que la probeta esté bien centrada y que el embolo esté justo encima del área de soldadura. Luego, accionamos la máquina hasta conseguir la forma de "U" en la probeta. Si la probeta se rompe, automáticamente la junta queda desaprobada. Al finalizar el doblado, levantamos el embolo y extraemos la probeta con un martillo.

Para realizar el ensayo de doblado de raíz, tenemos que realizar el mismo proceso que el doblado de cara, pero considerando que la señal de la raíz debe estar ubicada hacia abajo en la matriz. De la misma manera, realizamos el doblado hasta conseguir una geometría en forma de "U" de la probeta.



Ilustración 10-4: Proceso de doblado de cara en la junta soldada

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.2.8. Inspección visual de la probeta doblada

Los criterios de aceptación del ensayo de doblado de cara, raíz y lateral se examinan visualmente en la superficie convexa de la muestra para detectar si tiene discontinuidades. Si se encuentra alguna discontinuidad, no debe exceder las siguientes dimensiones: 3 mm medida en cualquier dirección sobre la superficie, 10 mm como suma de las mayores dimensiones de todas las

discontinuidades mayores a 1 mm pero que sean iguales o menores de 3 mm, y 1 milímetro como máximo de grieta en esquina. Excepto cuando la grieta resulte de inclusión de escoria visible o de otro tipo de discontinuidades de tipo de fusión, en cuyo caso se aplicará el máximo de 3 mm. Realizada la inspección y no encontrando discontinuidades mayores a lo que indica la norma AWS D1.1, se considera aceptada y se califica al soldador.



Ilustración 11-4: Inspección visual de la probeta doblada

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.3. Comprobación de parámetros de funcionamiento

Una vez que tenemos nuestro sistema completamente implementado es importante identificar los parámetros de trabajo y los parámetros máximos que puede entregar la central hidráulica.

4.3.1. *Presión y caudal máximo*

Estos valores son proporcionados por los fabricantes y el conjunto de bomba-motor ayuda a identificar los parámetros óptimos en los que funcionará el sistema. El motor es de 2 HP y proporciona una velocidad máxima de 1800 rpm. En función de esto, tenemos los valores de la siguiente tabla para la presión y el caudal máximos.

Tabla 10-4: Presión y caudal máximo del sistema

Característica	Capacidad máxima
Presión	250 bares
Caudal	4 lpm

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4. Análisis de costos

Es necesario realizar un estudio de los costos que se generan durante la construcción, el maquinado y el ensamble de la central hidráulica para el accionamiento de la prensa hidráulica. El total de la materia prima y los elementos mecánicos se obtuvieron en los mercados nacionales de empresas reconocidas.

4.4.1. Costo de materia prima(aceros)

Este tipo de elementos ayudan a generar las uniones entre los componentes del sistema hidráulico, además de las bases para la sujeción de los elementos importantes como bomba y motor, la Tabla detalla todos los costos en materiales metálicos:

Tabla 11-4: Costos de materia prima

Cant.	Descripción	Aplicación	Precio unitario	Precio Total
1	Placa 400x400x12 mm (ASTM A36)	Base del motor	47	47
1	Placa 300x200x12 mm (ASTM A36)	Base de la bomba	32	32
1	Angulo 50x3 mm	Base del tanque	6	6
10	Perno M10x1,25x45	Tapa del tanque	0,5	5
10	Tuerca M10x1,25	Tapa del tanque	0,5	5
2	Plancha 500x350x3 mm (ASTM A36)	Construcción tanque	14	28
2	Plancha 500x600x3 mm (ASTM A36)	Construcción tanque	21	42
1	Plancha 550x150x2 mm (ASTM A36)	Guarda de seguridad bomba-motor	12	12
2	Barra redonda D100xL120 mm (SAE1045)	Construcción de punzón y acople	35	70
1	Barra rectangular 190x38x40	Construcción de punzón	24	24
2	Placa 80x280x12 mm (ASTM A36)	Construcción de probeta	9	18
1	Placa 80x280x10 mm (ASTM A36)	Construcción de probeta	7,5	7,5
SUBTOTAL				296,5

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4.2. Costos de elementos mecánicos

Para la construcción del sistema hidráulico se necesita varios elementos como bomba motor y válvulas de accionamiento, filtros entre otros, a continuación, la Tabla indica los precios de los elementos que integran el accionamiento de la central hidráulica:

Tabla 12-4: Costo de elementos de máquina de la central hidráulica

Cantidad	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Motor Eléctrico 2 Hp	325	325
1	Bomba Hidráulica 4 lpm a 1800rpm	210	210
1	Acople bomba-motor	12	12
1	Manómetro (400 bar)	35	35
6	Juego de mangueras hidráulicas 3/8	25	150
1	Válvula direccional 4/3	185	185
1	Válvula de alivio (4000 psi)	43	43
1	Caneca de Aceite ISO 68	68	68
6	Codo a 90° macho de 3/8	4	24
1	Te hembra de 3/8	6	6
4	Unión macho de 3/8	3,5	14
8	Terminal hembra de 3/8	6,5	52
1	Filtro de succión de bomba	33	33
1	Filtro de retorno al tanque	49	49
1	Tapa y filtro de llenado	29	29
1	Medidor de nivel de aceite	18	18
SUBTOTAL			1253

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4.3. Costo de elementos eléctricos

Para que el sistema funcione se necesita una conexión 220 por lo que se requiere una serie de elementos a fin de transmitir la energía desde el tomacorriente al motor, para esto la Tabla indica los costos de los elementos eléctricos utilizados en la construcción de la central hidráulica

Tabla 13-4: Costos de elementos eléctricos

Cantidad	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
1	Arrancador directo monofásico	89,00	89,00
10	Cable #10	1,05	10,50
1	Interruptor 220	2,35	2,35
1	Cubre cables	8,50	8,50
1	Enchufe 220	1,50	1,50
SUBTOTAL			111,85

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4.4. Costos de elementos del cilindro hidráulico

Para la adquisición del cilindro se requiere la compra de elementos extra que se detallan en la Tabla cuales son los costos relacionados al cilindro hidráulico:

Tabla 14-4: Costo de elementos del cilindro hidráulico

Cantidad	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
2	Neplo 3/8	6	12
1	Sello de Pistón (doble efecto)	12	12
1	Sello de vástago (doble efecto)	9	9
1	Sello limpiador (doble efecto)	15	15
SUBTOTAL			48

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4.5. Costo de máquinas y herramientas

Para la construcción y montaje de los elementos de la central y cilindro hidráulico se requieren varias herramientas y maquinas que nos facilitan el trabajo, los costos implicados en el uso de estas herramientas se detalla en la Tabla

Tabla 15-4: Costos en herramientas y maquinas

Horas	Descripción	\$/hora	Precio total (\$)
1	Cortadora	1,5	1,5
0,5	Cizalladora	3,0	1,5
1	Amoladora	0,4	0,4
2	Soldadora	12,0	24,0
0,5	Dobladora	2,0	1,0
1	Taladro	3,0	3,0
4	Torno	35,0	140,0
SUBTOTAL			171,4

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4.6. Costos de equipos de trabajo

Es necesario la adquisición de elementos para las máquinas y herramientas, así como equipo para la limpieza, pintado y sellado de los elementos, en la Tabla se detalla el costo de los equipos de trabajo:

Tabla 16-4: Costos de equipos de trabajo

Cantidad	Descripción	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
3	Electrodos (E6010)	2,50	7,50
3	Teflón	0,75	2,25
1	Taípe	0,50	0,50
3	Guaípe	1,10	3,30
2	Lija de hierro #100	0,85	1,70
1	Pintura anticorrosiva	12,50	12,50
3	Disco de corte de acero	2,10	6,30
2	Disco de pulir	2,50	5,00
1	Thinner	3,50	3,50
SUBTOTAL			42,55

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4.7. Costos de mano de obra

El costo que implica el pago de maestros mecánico, así como su ayudante, tornero y soldador se detallan en la Tabla

Tabla 17-4: Costos de mano de obra

Hora	Descripción	Salario/hora	Salario total
15	Maestro mecánico	7	105
15	Ayudante mecánico	3	45
4	Operario torno	6	24
2	Soldador	6	12
SUBTOTAL			186

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4.8. Costos indirectos

En la Tabla se detalla cuáles fueron los gastos imprevistos que se tuvieron en el desarrollo de la central hidráulica:

Tabla 18-4: Costos indirectos

Descripción	Precio total (\$)
Transporte	80
Gasto Ingenieril	100
Gastos varios	50
SUBTOTAL	230

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

4.4.9. Costos totales del proyecto

Una vez que se ha sumado todos los subtotales de los costos se procede a encontrar el total de inversión realizada para el desarrollo de la central hidráulica, en la Tabla se detalla cuáles son los costos finales del proyecto:

Tabla 19-4: Costos totales del proyecto

Descripción	Valor (\$)
Costo Materia prima(aceros)	296,50
Costos elementos mecánicos(central)	1253,00
Costo de elementos eléctricos	111,85
Costos elementos del cilindro	48,00
Costos de herramientas y equipos	171,40
Costos de equipos de trabajo	42,55
Costos de mano de obra	186,00
Costos indirectos	230,00
COSTO TOTAL	2339,30

Realizado por: Quinga E. & Real C., 2023.

CONCLUSIONES

Se ha logrado exitosamente el diseño y la construcción de un sistema semiautomático para accionar la prensa hidráulica. Este diseño se basó en la metodología VDI2225, la cual, a través de un análisis técnico-económico, determinó la solución más adecuada para llevar a cabo el ensayo de doblado. Dicho análisis identificó que la opción 2, que incluye un motor, una bomba, una válvula 4/3 y un cilindro de doble efecto, obtuvo la mejor puntuación con un valor de 0.88 para los aspectos técnicos y 0.86 para los aspectos económicos.

Para la selección de componentes hidráulicos se tomaron varias consideraciones en función del análisis bibliográfico, se identificó que para control de la posición del vástago la configuración de una válvula 4/3 con un cilindro de doble efecto ofrece mayor precisión en el control de la dirección del vástago debido a que esta válvula ayuda a direccionar el fluido en ambas cámaras del cilindro hidráulico, además logra transmitir una fuerza máxima de 20 toneladas a una presión de 250 bares.

Se realizaron cálculos de fuerza necesaria y pruebas de doblado para validar el funcionamiento del sistema hidráulico. Estos cálculos se basaron en las propiedades del material ASTM A36, con un espesor de media pulgada. Este material tiene un límite de fluencia de 36 KSI y un límite a tracción entre 58 y 80 KSI. Por lo tanto, en el futuro, las pruebas de doblado deberán realizarse exclusivamente en materiales que tengan propiedades mecánicas similares o inferiores a las del acero A36.

El procedimiento de soldadura (WPS) y el ensayo de doblado se llevaron a cabo según las normas AWS B4.0 y AWS D1.1 de 2020. Las probetas utilizadas tenían dimensiones de 150x40x10 mm. Se utilizaron los electrodos E6011 para el pase de raíz y E7018 para los pases de relleno, y la velocidad de la prueba fue aproximadamente de 8 mm/s. Bajo las condiciones de diseño del sistema hidráulico, el ensayo de doblado de una placa en la cara o en la raíz requería alrededor de 90 segundos. Considerando que se deben realizar dos ensayos por persona, se estima que en una hora se pueden realizar aproximadamente 20 ensayos de doblado, incluyendo tanto la prueba de la cara como de la raíz.

Después del análisis de elementos finitos, se puede contrastar la diferencia de esfuerzos en la probeta de doblado, ya que estos valores varían en función de su geometría e imperfecciones presentes en la misma. El análisis de convergencia establece que el esfuerzo máximo de la placa sin soldadura es igual a 2,072 Mpa mientras que para el caso de la placa con soldadura el esfuerzo

máximo de la placa es 7,342 Mpa y para el último caso que representa una placa soldada con socavadura el esfuerzo es 48,589 Mpa.

El presupuesto final que se utilizó para el diseño, la construcción y la modificación de ciertos equipos con el fin de conseguir el accionamiento de doble efecto adecuado para realizar la prueba de doblado fue de alrededor de \$2339,3 dólares americanos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la guía VDI 2225 como referencia para el diseño de equipos hidráulicos en el ámbito constructivo, ya que esta guía proporciona un enfoque estructurado y sistemático que ayuda a concebir y seleccionar las mejores alternativas en base a su valor técnico y económico.

Instalar los componentes correctamente, es decir, seguir las instrucciones del fabricante para el montaje de los componentes de la unidad de potencia hidráulica. Esto garantizará un funcionamiento seguro y confiable del sistema.

Realizar el mantenimiento tanto del sistema hidráulico como del sistema mecánico, siguiendo las recomendaciones propuestas en el manual de operación, seguridad y mantenimiento del sistema, que se puede encontrar como parte de los anexos de este trabajo.

Se recomienda realizar ensayos únicamente en materiales con propiedades mecánicas iguales o inferiores al acero ASTM A 36, esto debido a que el cálculo del sistema hidráulico y de los accesorios se realizaron en función de este material.

Es importante realizar un adecuado tratamiento de las probetas antes de cumplir con el ensayo, esto con el fin de evitar posibles accidentes y daños en los elementos de doblado

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABAD, E.** Diseño y construcción de sistema mecánico para el ensayo de doblado guiado en juntas soldadas para los laboratorios de la facultad de ingeniería civil y mecánica (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Ingeniería Civil y Mecánica, Mecánica. Ambato-Ecuador: 2020. pp.12-30
2. **ANALUIZA, O.** Análisis de las combinaciones porcentuales del material de aporte de una junta a tope en un acero ASTM A588 Grado A utilizando los alambres tubulares E71T1 para determinar las propiedades mecánicas en la fabricación de superestructura para puentes (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Ingeniería Civil y Mecánica, Mecánica. Ambato-Ecuador: 2016. pp.11-29
3. **ARMAS, M. y TORRES, J.** Construcción de un equipo para soldadura por presión en frío para probetas de diámetro máximo de 7mm a implementarse en el laboratorio de soldadura de la universidad politécnica Salesiana (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingenierías, Carrera de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador: 2013. pp.35-37
4. **AWS B4.0** "Standard Methods for Mechanical Testing of Welds. ", (2016).
5. **AWS D1.1** "Código de soldadura estructural - acero AWS D1.1/D1.1M. *American Welding Society*", (2020).
6. **CAICEDO, K.** Elaboración de procedimientos para la calificación de soldadura en el casco de aluminio de una lancha rápida [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil-Ecuador: 2012. pp.34-87 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2015.12.003> https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/30/027/30027298.pdf?r=1&r=1 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2015.04.004>.

7. **CÁRDENAS, L.** *Procesos en Soldadura* [en línea]. 2009. Disponible en: <https://www.ipn.mx/assets/files/cecyt4/docs/estudiantes/aulas/guias/cuarto/vespertino/procesos/procesos-de-soldadura.pdf>.
8. **CONTRERAS, E. y SANCHEZ, R.** Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura diseño de máquinas (Trabajo de titulación). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Ingenierías Mecánicas. Bucaramanga-Colombia: 2010. pp.69-74
9. **CORREA, J., SALAZAR, J. y RAMIREZ, J.** Diseño y fabricación de una prensa hidráulica (Trabajo de titulación). Institución Universitaria Tecnológico Pascual Bravo, Mecánica, Mecánica Automotriz. Medellín-Colombia: 2012. pp.22
10. **DALNERO, J.** *Oleohidráulica – Circuitos Hidráulicos*. 1ª ed. Talca-Chile: Universidad de Talca, 2020, pp.2-12.
11. **DANERI, P.A.** *Automatización y Control Industrial*. 1ª ed. Buenos Aires-Argentina: HASA, 2019, ISBN 9781119130536, pp.10-82.
12. **DÍAZ, F.** *Uniones Soldadas y su Simbología según la AWS*. 1ª ed. Ciudad de México-México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2018, pp.6-8.
13. **DOMINGUEZ, E.** Diseño de una prensa hidráulica de 40 toneladas de capacidad para procesos de deformación plástica (Trabajo de titulación). Universidad Tecnológica de Perú, Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Industrial y Mecánica, Ingeniería Mecánica. Lima-Perú: 2017. pp.25-79
14. **ELECTRICOINDUSTRIAL S.A.** *Catálogo Control industrial WEG*. 1ª ed. Quito-Ecuador: Electricoindustrial S.A., 2020, ISBN 0999300105,
15. **ENERPAC S.A.** *Cilindro de doble efecto RR506* [en línea]. 2022. [Consulta: 6 abril 2023]. Disponible en: <https://www.enerpac.com/es/cilindros-de-doble-efecto/cilindro-de-uso-general/RR506>.

16. **FARINA, A.L.** "Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento. *Editores SRL*", vol. 1, no. 2 (2018), (Argentina) pp.5.
17. **HERAS, S. de las.** *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. 1ª ed. Catalunya-España: UPCGRAU, 2011, ISBN 9788476538937, pp.415.
18. **HYDROMECHANICA S.A.** *Acoples y Matrimonios para bombas* [en línea]. 2018. [Consulta: 11 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.hydromecanica.com/images/pdf/15.ACOPLES/15.2ACOPLES-MATRIMONIOS-BOMBAS/ACOPLES-Y-MATRIMONIOS-PARA-BOMBA.pdf>.
19. **JEFFUS, L.** *Soldadura Principios y Aplicaciones*. 5ª ed. Madrid-España: Paraninfo S.A, 2009, pp.5.
20. **JSC, C.** *Gear Pumps-Group 10*. 3ª ed. Kazanlak-Bulgaria: Caproni JSC, 2013, pp.20.
21. **LECAROS, C.** Diseño de una prensa hidráulica de 13 tm para ensayos de laboratorio [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica. Lima-Perú: 2002. pp.3-6 [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://1library.co/document/zxv732dy-diseno-prensa-hidraulica-tm-ensayos-laboratorio.html>.
22. **LÓPEZ, E.** Diseño y construcción de un accesorio para ensayos de doblez en u, que se acople a una prensa hidráulica (Trabajo de titulación). Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Ingeniería Mecánica. San Salvador: 2017. pp.8-24
23. **LUBRICANTES, L.** *aceite lubricante ISO 68*, 2018,
24. **MARBELLO, R.** *3. Bombas Hidráulicas Rotodinámicas* [en línea]. 1ª ed. Medellín-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2007, pp.17. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11934/35/3353962.2007.Parte7.pdf>.

25. **MONTÓN, R.** Diseño y automatización del sistema de alimentación de una prensa (Trabajo de titulación). Escuela Universitaria Politécnica de Almunia de Zaragoza. Zaragoza-España: 2015. pp.3-6
26. **NIÑO, D. y SANDOVAL, D.** Cálculo y diseño de una prensa hidráulica semiautomática tipo “h” de 100 toneladas para la empresa sistemas innovadores moldeados y arquitectónicos, sima s.a. (Trabajo de titulación). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de Ingeniería Electromecánica. Boyacá-Colombia: 2016. pp.9-12
27. **OCHOCHOQUE, S., HUAPAYA, S. y AGRADA, T.** *Diseño de Maquinas* [en línea]. 2014. [Consulta: 28 agosto 2022]. Disponible en: https://node1.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/002/895/2895914.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=7PKKQ3DUV8RG19BL%2F20220829%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220829T204422Z&X-Amz-SignedHeaders=h.
28. **PARKER S.A** *Mangueras hidráulicas, terminales y equipos* [en línea]. 2018. [Consulta: 10 febrero 2023]. Disponible en: https://www.goodyearrubberproducts.com/spanishpdfs/Parker_HPDP_Catalog_4400_en_Espanol.pdf.
29. **PARRA, B.Z. y ROBLES, A.V.** *Máquinas Hidráulicas Teoría y Problemas*. 1ª ed. Cartagena-Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena, 2016, ISBN 9788416325191, pp.5-6.
30. **QUINANCELA, B.** Rehabilitación de la prensa hidráulica para su implementación como máquina de prensado, conformado y montaje en el taller de máquinas herramientas de la facultad de mecánica (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politecnica De Chimborazo, Carrera Mecánica, Mecánica. Riobamba-Ecuador: 2021. pp.8-66
31. **RODRÍGUEZ, D.** Diseño y fabricación de una prensa electrohidráulica para el estampado de placas de vehículos (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma de Occidente, Departamento de Energética y Mecánica. Santiago de Cali-Colombia: 2019. pp.27

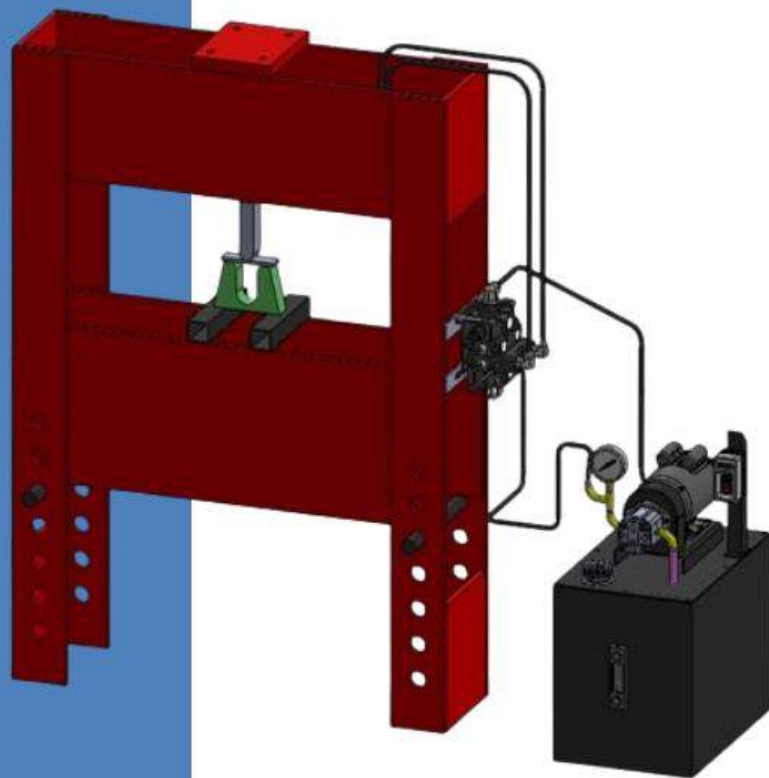
32. **RUIZ, D.** *Fundamentos y ensayos en materiales metálicos*. 1ª ed. Buenos Aires-Argentina: MDC MACHINE S. A, 2006, ISBN 9500005425, pp.72-73.
33. **SINMALEZA, C.** Diseño e implementación de un banco de pruebas para evaluación de juntas soldadas a través del ensayo de doblado según la norma AWS D1.1 2015 (Trabajo de titulación). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Mecánica. Quevedo-Ecuador: 2021. pp.20-21
34. **SOLÉ, A.C.** *Neumática e Hidráulica*. Barcelona-España: MARCOMBO, S.A., 2007, ISBN 842671420X, pp.157-213.
35. **TAPIA, R.** Análisis de la formación de porosidades en el proceso de soldadura SMAW e influencia en la resistencia mecánica de las juntas soldadas (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador: 2012. pp.6-8
36. **ASTM E 190-92.** *Guided Bend Test for Ductility of Welds 1*, 1997, pp.1.
37. **TORRES, J. y REDONDO, J.** "Reparación y automatización de una máquina universal de ensayos. *Revista Ciencia e Ingeniería*", 2009, (Táchira-Venezuela) 30(2), pp. 2-5. [Consulta: 22 octubre 2022]. ISSN 1316-7081.

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN, SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO

MANUAL DE OPERACIÓN, SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO

Prensa
hidráulica
de 50
toneladas
con central
Hidráulica



Creado por:
Mariano Quinga
Cristian Real



ATENCIÓN: Lea, entienda y siga las instrucciones de seguridad contenidas en este documento, antes de operar esta herramienta.

ANEXO B: GUÍA DE LABORATORIO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN DE DESARROLLO ACADÉMICO



FACULTAD: MECÁNICA
CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

GUÍA DE LABORATORIO DE SOLDADURA

PRÁCTICA No. 1 –ENSAYO DE DOBLADO EN JUNTAS SOLDADAS

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE: (estudiante(s))

CODIGO(S): (de estudiante(s))

.....

.....

.....

.....

GRUPO No.:

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

dd/mm/aa

dd/mm/aa

2. OBJETIVO:

2.1 GENERAL

- ✓ Realizar el ensayo de doblado guiado en juntas soldadas a tope mediante la utilización de parámetros establecidos en la norma AWS D1.1 y la norma AWS B4.0

2.2 ESPECÍFICOS.

- ✓ Realizar un procedimiento de soldadura en una junta a tope con un ángulo de bisel de 30 grados y con placas de espesor de 10 mm
- ✓ Crear probetas de las placas soldadas en función de las directrices establecidas en la norma AWS D1.1
- ✓ Evaluar las juntas soldadas mediante inspección visual
- ✓ Calibrar los sistemas mecánicos de la prensa hidráulica en función del espesor de la probeta
- ✓ Ejecutar el ensayo de doblado guiado en las juntas soldadas
- ✓ Evaluar por medio de inspección visual la calidad de las probetas dobladas considerando sus defectos y discontinuidades
- ✓ lineación en caso de que sea necesario, con el uso de relojes comparadores.

3. INSTRUCCIONES

Para realizar el ensayo de doblado en juntas soldadas se sigue el procedimiento descrito a continuación: