



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA HIDRÁULICO PARA MANTENER LA PRESIÓN  
CONSTANTE EN UNA MÁQUINA DE ENSAYOS DE  
TERMOFLUENCIA”**

**LEMA CHICAIZA CÉSAR ANTONIO**  
**MONTOYA ROMERO LUIS ALBERTO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

---

**CERFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2018-04-23

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**LEMA CHICAIZA CÉSAR ANTONIO**

Titulado:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIDR  
AÚLICO PARA MANTENER LA PRESIÓN CONSTANTE EN UNA MÁQUINA  
DE ENSAYOS DE TERMOFLUENCIA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

Ing. Santiago Alejandro López Ortiz  
**MIEMBRO DEL PROYECTO**

---

**CERFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2018-04-23

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**MONTOYA ROMERO LUIS ALBERTO**

Titulado:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
HIDRAÚLICO PARA MANTENER LA PRESIÓN CONSTANTE EN UNA  
MÁQUINA DE ENSAYOS DE TERMOFLUENCIA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

Ing. Santiago Alejandro López Ortiz  
**MIEMBRO DEL PROYECTO**

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CÉSAR ANTONIO LEMA CHICAIZA

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA MANTENER LA PRESIÓN CONSTANTE EN UNA MÁQUINA DE ENSAYOS DE TERMOFLUENCIA”**

**Fecha de Examinación:** 2018-12-03

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes <b>DIRECTOR DEL PROYECTO</b>			
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz <b>MIEMBRO DEL PROYECTO</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** MONTOYA ROMERO LUIS ALBERTO

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIDRÁULICO PARA MANTENER LA PRESIÓN CONSTANTE EN UNA MÁQUINA DE ENSAYOS DE TERMOFLUENCIA”

**Fecha de Examinación:** 2018-12-03

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes <b>DIRECTOR DEL PROYECTO</b>			
Ing. Santiago Alejandro López Ortiz <b>MIEMBRO DEL PROYECTO</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**César Antonio Lema Chicaiza**

---

**Montoya Romero Luis Alerto**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, César Antonio Lema Chicaiza y Luis Alberto Montoya Romero, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**César Antonio Lema Chicaiza**

Cédula de Identidad: 050343305-4

---

**Montoya Romero Luis Alberto**

Cédula de Identidad: 020213136-3

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis padres Hugo Lema y América Chicaiza, quienes durante este tiempo me brindaron todo su apoyo y confianza, y además gracias a su anhelo de superación me dieron las fuerzas para poder culminar una etapa más en mi formación estudiantil – profesional.

A mis hermanos Edison Lema y Marlon Lema que en cada momento me brindaron su apoyo y compartieron palabras de aliento para poder seguir adelante y no desmayar en las dificultades que se me presentaron durante mi vida estudiantil.

A mi hija Fabiana Alejandra y mi novia Jessica que llegaron a formar parte de mi vida y que con su apoyo, paciencia, amor y comprensión, alegraron mis días en los momentos complicados que llegue a pasar durante esta formación profesional, convirtiéndose en un motivo más para luchar, esforzarme y superarme hasta alcanzar el propósito anhelado.

**César Antonio Lema Chicaiza**



## **DEDICATORIA**

Principalmente dedico este logro a mi padre Alfredo Montoya y a mi madre Coronita Romero quien tuvo que partir tempranamente de mi vida, por su apoyo, confianza, amor incondicional durante mi etapa estudiantil y por haberme dado la mejor herencia; la educación.

A mi hermana Martha Montoya y a su esposo Santiago Piedra pilares fundamentales durante el desarrollo de mi formación académica.

De igual manera a mis profesores, amigos y a todas las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

**Luis Alberto Montoya Romero**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por darme la oportunidad de estudiar y adquirir grandes conocimientos durante toda mi formación profesional.

Al Ing. Isaías Caicedo e Ing. Santiago López que desempeñaron los cargos de Tutor y Asesor respectivamente, y que gracias a su ayuda y apoyo, permitió culminación de este proyecto de titulación.

Finalmente el más profundo agradecimiento a mi padre Hugo Lema que fue el pilar fundamental durante el desarrollo de este proyecto de titulación, que gracias a su ayuda, paciencia y dedicación, permitió la culminación exitosa del mismo.

**César Antonio Lema Chicaiza**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una ayuda útil para la sociedad.

De manera especial a todos mis familiares, profesores, amigos, y personas que me guiaron y ayudaron a culminar con éxito esta etapa de mi vida.

**Luis Alberto Montoya Romero**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN

<b>1.</b>	<b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>1</b>
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Formulación del problema.....	2
1.3.	Justificación .....	2
1.3.1.	<i>Justificación Práctica</i> .....	2
1.3.2.	<i>Justificación Teórica</i> .....	2
1.3.3.	<i>Justificación Metodológica</i> .....	2
1.4.	Alcance .....	3
1.5.	Objetivos.....	3
1.5.1.	<i>Objetivo General</i> .....	3
1.5.2.	<i>Objetivos Específicos</i> .....	3
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1.	Hidráulica .....	4
2.2.	Oleohidráulica .....	4
2.2.1.	<i>División de la oleohidráulica en la actualidad</i> .....	5
2.2.2.	<i>Ventajas y desventajas de la oleohidráulica</i> .....	6
2.3.	Sistema oleohidráulico .....	6
2.3.1.	<i>Componentes de un sistema oleohidráulico</i> .....	7
2.3.2.	<i>Ventajas y desventajas de los sistemas hidráulicos</i> .....	8
2.3.3.	<i>Fluido oleohidráulico</i> .....	9
2.3.3.1.	<i>Tipos de fluidos hidráulicos</i> .....	10

2.3.3.2.	<i>Funciones principales de un fluido hidráulico</i> .....	11
2.3.3.3.	<i>Transmisión de potencia</i> .....	11
2.3.4.	<i>Depósito</i> .....	12
2.3.5.	<i>Acumulador</i> .....	12
2.3.6.	<i>Filtros</i> .....	13
2.3.6.1.	<i>Tipos de filtros</i> .....	15
2.3.7.	<i>Válvulas</i> .....	16
2.3.7.1.	<i>Válvulas direccionales</i> .....	16
2.3.7.2.	<i>Válvulas de control de presión</i> .....	17
2.3.7.3.	<i>Válvulas de alivio</i> .....	17
2.3.7.4.	<i>Válvulas auxiliares</i> .....	17
2.3.7.5.	<i>Válvulas anti retorno</i> .....	18
2.3.7.6.	<i>Válvulas de control de presión</i> .....	18
2.3.8.	<i>Cilindros</i> .....	19
2.3.9.	<i>Tuberías y racores</i> .....	20
2.3.10.	<i>Bombas</i> .....	21
2.3.10.1.	<i>Procesos de la bomba hidráulica</i> .....	22
2.3.10.2.	<i>Propiedades de una bomba hidráulica</i> .....	22
2.4.	<i>Automatización</i> .....	23
2.4.1.	<i>Elementos de un proceso automatizado</i> .....	23
2.4.2.	<i>Control Automático</i> .....	25
2.5.	<i>Fenómeno de Termofluencia</i> .....	26
2.5.1.	<i>La Curva de Termofluencia</i> .....	27
2.6.	<i>Metodología del Diseño Conceptual</i> .....	28
2.6.1.	<i>La matriz Quality function deployment (QFD)</i> .....	28
<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS</b> .....	<b>30</b>
3.1.	<i>Selección de la mejor Alternativa</i> .....	30

3.1.1.	<i>La matriz Quality function deployment (QFD)</i> .....	30
3.1.2.	<i>Voz del Usuario</i> .....	30
3.1.3.	<i>Voz del ingeniero</i> .....	31
3.1.4.	<i>Resultados de la matriz QFD</i> .....	31
3.1.5.	<i>Conclusiones de la matriz QFD</i> .....	33
3.1.6.	<i>Especificaciones técnicas</i> .....	34
3.2.	<i>Análisis Funcional</i> .....	34
3.3.	<i>Alternativas para cada módulo</i> .....	36
3.3.1.	<i>Sistema de control</i> .....	36
3.3.1.1.	<i>Controlador Lógico Programable – PLC</i> .....	37
3.3.1.2.	<i>Microcontroladores</i> .....	38
3.3.2.	<i>Generador de Presión</i> .....	38
3.3.2.1.	<i>Sistema Hidráulico</i> .....	38
3.3.2.2.	<i>Sistema Neumático</i> .....	39
3.3.3.	<i>Medidor de presión</i> .....	40
3.3.3.1.	<i>Manómetro de presión</i> .....	40
3.3.4.	<i>Sistema de Elevación</i> .....	41
3.3.4.1.	<i>Elevador Hidráulico</i> .....	41
3.3.4.2.	<i>Cilindros neumáticos</i> .....	42
3.3.5.	<i>Fluido a utilizar</i> .....	43
3.3.5.1.	<i>Aceite hidráulico</i> .....	44
3.3.5.2.	<i>Aire comprimido</i> .....	44
3.4.	<i>Alternativas de Módulos</i> .....	44
3.4.1.	<i>Alternativa número uno</i> .....	45
3.4.2.	<i>Alternativa número dos</i> .....	46
3.4.3.	<i>Alternativa número tres</i> .....	46
3.5.	<i>Evaluación de Soluciones</i> .....	46

3.5.1.	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i> .....	47
3.5.2.	<i>Criterios de valoración de los módulos</i> .....	47
3.6.	Características del Sistema Hidráulico para mantener la presión constante.....	50
3.7.	Elementos del Sistema Hidráulico para mantener la presión constante .....	51
<b>4.</b>	<b>SELECCIÓN, ARMADO Y PROGRAMACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO</b> .....	<b>53</b>
4.1.	Selección de elementos para la Sistema Hidráulico .....	53
4.1.1.	<i>Selección de la Unidad Hidráulica</i> .....	53
4.1.2.	<i>Selección de la electroválvula</i> .....	54
4.1.3.	<i>Selección de la válvula check pilotada</i> .....	55
4.1.4.	<i>Selección de la válvula reguladora de caudal</i> .....	56
4.1.5.	<i>Selección de la válvula reguladora</i> .....	57
4.1.6.	<i>Selección del Transmisor de Presión</i> .....	57
4.1.7.	<i>Selección de accesorios de conexión</i> .....	58
4.2.	Armado completo de la unidad hidráulica.....	59
4.3.	Control de presión del Elevador Hidráulico .....	60
4.4.	Adaptación del elevador hidráulico a la Central hidráulica.....	61
4.5.	Diagrama de la Central hidráulica .....	61
4.6.	Armado del tablero de control .....	62
4.6.1.	<i>Gabinete metálico</i> .....	62
4.6.2.	<i>Canaleta plástica</i> .....	62
4.6.3.	<i>Riel DIN</i> .....	66
4.6.4.	<i>Breakers</i> .....	66
4.6.5.	<i>Fuente convertidor AC/DC</i> .....	66
4.6.6.	<i>Controlador PLC “LOGO”</i> .....	66
4.6.7.	<i>Contactador</i> .....	67
4.6.8.	<i>Relé térmico</i> .....	67

4.6.9.	<i>Relés</i> .....	67
4.6.10.	<i>Transformador de tensión</i> .....	67
4.6.11.	<i>Borneras</i> .....	68
4.6.12.	<i>Porta fusibles</i> .....	68
4.6.13.	<i>Pantalla HMI</i> .....	68
4.6.14.	<i>Luces piloto</i> .....	68
4.6.15.	<i>Pulsadores</i> .....	69
4.6.16.	<i>Selectores eléctricos</i> .....	69
4.7.	<i>Circuito Eléctrico de la Central Hidráulica</i> .....	70
4.8.	<i>Programación del Sistema</i> .....	71
4.8.1.	<i>Equipos de control para el proceso</i> .....	71
4.8.1.1.	<i>Controlador PLC LOGO OBA7</i> .....	71
4.8.1.2.	<i>Software Logo Soft Comfort V8.0</i> .....	72
4.8.1.3.	<i>Instalación Logo Soft Comfort V8.0</i> .....	72
4.8.1.4.	<i>Configuración Logo Soft Comfort V8.0</i> .....	73
4.9.	<i>Diseño del Programa</i> .....	75
4.10.	<i>Simulación de funcionamiento</i> .....	76
4.11.	<i>Carga o Transferencia</i> .....	77
4.12.	<i>Detalle de la Programación almacenada en el controlador</i> .....	80
4.12.1.	<i>Control de Pantalla Logo TD</i> .....	80
4.12.2.	<i>Control Marcha Manual Automático Motor Bomba</i> .....	81
4.12.3.	<i>Control Marcha Ciclo Automático</i> .....	81
4.12.4.	<i>Control Escalado Lectura Transductor de Presión</i> .....	82
4.12.5.	<i>Control de Presión Máxima</i> .....	82
4.12.6.	<i>Control Caída de Presión Mínima</i> .....	82
4.12.7.	<i>Control Caída de Presión Máxima</i> .....	83
4.12.8.	<i>Control de Alarma por Caída de Presión Máxima</i> .....	83



4.12.9.	<i>Control Subida del Pistón</i> .....	84
4.12.10.	<i>Control Bajada del Pistón</i> .....	84
4.12.11.	<i>Control Activación Desactivación Salidas del PLC</i> .....	84
4.12.12.	<i>Control Vista Alternada de las Pantallas Presión y Tiempo</i> .....	85
4.12.13.	<i>Control Contador Tiempo en Segundos</i> .....	85
4.12.14.	<i>Control Contador Tiempo en Minutos</i> .....	86
4.12.15.	<i>Control Contador Tiempo en Horas</i> .....	86
4.12.16.	<i>Control Modo de Operación Manual / Automático</i> .....	86
4.12.17.	<i>Fijación de Presión de Trabajo</i> .....	87
4.12.18.	<i>Pantalla fijar Presión</i> .....	87
4.12.19.	<i>Cálculo Stop Presión Máxima</i> .....	87
4.12.20.	<i>Cálculo caída de Presión Máxima</i> .....	88
4.12.21.	<i>Cálculo caída de Presión Mínima</i> .....	88
4.12.22.	<i>Cálculo caída de Presión por Rotura</i> .....	88
<b>5.</b>	<b>MONTAJE, ADAPTACIÓN CON LA MÁQUINA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA MANTENER LA PRESIÓN CONSTANTE</b> .....	<b>89</b>
5.1.	Pruebas preliminares antes de la instalación .....	89
5.1.1.	<i>Pruebas de la Central hidráulica</i> .....	89
5.1.2.	<i>Pruebas del tablero de control</i> .....	90
5.2.	Montaje de la central hidráulica en la máquina de termofluencia .....	92
5.2.1.	<i>Montaje del elevador hidráulico</i> .....	92
5.2.2.	<i>Montaje de la central hidráulica</i> .....	93
5.2.3.	<i>Montaje del tablero de control</i> .....	94
5.3.	Pruebas de funcionamiento final del Sistema hidráulico.....	95
5.4.	Verificación de los requerimientos .....	97
5.4.1.	<i>Verificación de los requerimientos del cliente</i> .....	97
5.4.2.	<i>Verificación de la voz del ingeniero</i> .....	98

<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>
6.1.	Conclusiones.....	100
6.2.	Recomendaciones .....	101

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b> Casa de la Calidad.....	32
<b>Tabla 2-3:</b> Especificaciones técnicas de la máquina.....	34
<b>Tabla 3-3:</b> Matriz morfológica.....	45
<b>Tabla 4-3:</b> Evaluación de cada criterio .....	48
<b>Tabla 5-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio SISTEMA DE CONTROL.....	49
<b>Tabla 6-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio FACILIDAD DE CONTROL .	49
<b>Tabla 7-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio PRECISIÓN .....	49
<b>Tabla 8-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio GENERADOR DE PRESIÓN	49
<b>Tabla 9-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio SISTEMA DE ELEVACIÓN..	49
<b>Tabla 10-3:</b> Evaluación del peso específico del criterio PRECIO DE COMPONENTES .....	50
<b>Tabla 11-3:</b> Tabla de conclusiones .....	50
<b>Tabla 12-3:</b> Sistema Hidráulico a implementar .....	51
<b>Tabla 1-4:</b> Características de la central hidráulica.....	54
<b>Tabla 2-4:</b> Designación y propiedades de la Electroválvula .....	55
<b>Tabla 3-4:</b> Datos técnicos de la válvula check pilotada.....	56
<b>Tabla 4-4:</b> Selección del tipo de Válvula reguladora de cuadal .....	56
<b>Tabla 5-4:</b> Rango de presión del transmisor de presión .....	58
<b>Tabla 6-4:</b> Accesorios de conexión.....	59
<b>Tabla 7-4:</b> Características del LOGO .....	72
<b>Tabla 8-4:</b> Definición de variables a utilizar .....	80
<b>Tabla 1-5:</b> Análisis de los elementos del sistema .....	90
<b>Tabla 2-5:</b> Tabla de datos experimentales .....	91
<b>Tabla 3-5:</b> Datos obtenidos durante el ensayo .....	95
<b>Tabla 4-5:</b> Verificación de requerimientos del usuario .....	98
<b>Tabla 5-5:</b> Verificación de la voz del ingeniero .....	98

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Transmisión de potencia .....	11
<b>Figura 2-2:</b> Elementos de un depósito de aceite .....	12
<b>Figura 3-2:</b> Sección de un acumulador de membrana .....	13
<b>Figura 4-2:</b> Tipos de filtro según su ubicación .....	14
<b>Figura 5-2:</b> Filtro de aceite para uso en un sistema hidráulico .....	14
<b>Figura 6-2:</b> Movimiento del fluido dentro de una válvula direccional.....	16
<b>Figura 7-2:</b> Esquema de una válvula anti retorno.....	18
<b>Figura 8-2:</b> Esquema base de un Cilindro Hidráulico .....	19
<b>Figura 9-2:</b> Ciclo de trabajo de un cilindro .....	19
<b>Figura 10-2:</b> La salida del sistema se debe a la interacción de la entrada con el proceso .....	24
<b>Figura 11-2:</b> Distintos tipos de entradas aplicadas a los sistemas de control .....	24
<b>Figura 12-2:</b> Diagrama de bloques .....	25
<b>Figura 13-2:</b> Curva Ideal de Termofluencia .....	27
<b>Figura 14-2:</b> Efecto del Incremento de la Temperatura o la Carga en la Forma de la Curva de Termofluencia .....	28
<b>Figura 1-3:</b> Diagrama de flujo para la selección de la mejor alternativa.....	30
<b>Figura 2-3:</b> Función principal del sistema .....	35
<b>Figura 3-3:</b> Diagrama de funciones secundarias del sistema.....	36
<b>Figura 4-3:</b> PLC LOGO! .....	37
<b>Figura 5-3:</b> Microcontroladores .....	38
<b>Figura 6-3:</b> Sistema hidráulico básico .....	39
<b>Figura 7-3:</b> Elementos del Sistema Neumático .....	40
<b>Figura 8-3:</b> Nanómetro de presiones altas .....	41
<b>Figura 9-3:</b> Elevador hidráulico.....	42
<b>Figura 10-3:</b> Cilindros neumáticos .....	43
<b>Figura 11-3:</b> Alternativa de selección uno.....	45
<b>Figura 12-3:</b> Alternativa de selección dos .....	46
<b>Figura 13-3:</b> Alternativa de selección tres .....	46
<b>Figura 1-4:</b> Unidad hidráulica POWER210CD/E .....	54

<b>Figura 2-4:</b> Electroválvula 4/3 con centro abierto .....	54
<b>Figura 3-4:</b> Válvula check pilotada .....	55
<b>Figura 4-4:</b> Válvula reguladora de caudal .....	56
<b>Figura 5-4:</b> Válvula de aguja con regulación .....	57
<b>Figura 6-4:</b> Transmisor de presión SICK PBT .....	57
<b>Figura 7-4:</b> Armado de la Central Hidráulica.....	60
<b>Figura 8-4:</b> Esquema de funcionamiento del elevador hidráulico.....	60
<b>Figura 9-4:</b> Esquema final del elevador hidráulico para adaptación .....	61
<b>Figura 10-4:</b> Adaptación del sistema hidráulico con el elevador hidráulico .....	61
<b>Figura 11-4:</b> Circuito hidráulico del sistema adaptado.....	62
<b>Figura 12-4:</b> Armado de canaleta y riel DIN.....	66
<b>Figura 13-4:</b> Armado Breakers, Fuente y PLC.....	67
<b>Figura 14-4:</b> Armado Contactor, Relé térmico y transformador .....	67
<b>Figura 15-4:</b> Armado borneras y porta fusibles.....	68
<b>Figura 16-4:</b> Pantalla HMI.....	68
<b>Figura 17-4:</b> Armado de luces, pulsadores y selectores .....	69
<b>Figura 18-4:</b> Parte frontal del tablero de control .....	69
<b>Figura 19-4:</b> Parte interior del tablero de control .....	70
<b>Figura 20-4:</b> Circuito eléctrico de la Central Hidráulica .....	70
<b>Figura 21-4:</b> Funcionamiento de LOGO .....	71
<b>Figura 22-4:</b> Icono de LOGO .....	72
<b>Figura 23-4:</b> Pantalla de inicio de LOGO.....	73
<b>Figura 24-4:</b> Guardar archivo en LOGO .....	73
<b>Figura 25-4:</b> Selección del tipo de LOGO.....	74
<b>Figura 26-4:</b> Configuración de la red de comunicación .....	74
<b>Figura 27-4:</b> Verificación de la comunicación en LOGO .....	75
<b>Figura 28-4:</b> Verificación de la comunicación final en LOGO .....	75
<b>Figura 29-4:</b> Diseño del programa.....	76
<b>Figura 30-4:</b> Diseño del programa mediante el software .....	76
<b>Figura 31-4:</b> Simulación control de presión .....	77
<b>Figura 32-4:</b> Simulación control tiempo total de ensayo.....	77
<b>Figura 33-4:</b> Carga de información al PLC .....	78
<b>Figura 34-4:</b> Verificación de la carga del programa.....	78
<b>Figura 35-4:</b> Inicio de la carga del programa al PLC .....	79

<b>Figura 36-4:</b> Confirmación modo de operación del PLC .....	79
<b>Figura 37-4:</b> Control de Pantalla Logo TD.....	80
<b>Figura 38-4:</b> Control marcha manual automático Motor bomba.....	81
<b>Figura 39-4:</b> Control marcha ciclo automático.....	81
<b>Figura 40-4:</b> Control escalado lectura transductor de presión.....	82
<b>Figura 41-4:</b> Control de presión máxima.....	82
<b>Figura 42-4:</b> Control de presión mínima .....	83
<b>Figura 43-4:</b> Control caída de presión máxima .....	83
<b>Figura 44-4:</b> Control de alarma por caída de presión máxima .....	83
<b>Figura 45-4:</b> Control subida del pistón .....	84
<b>Figura 46-4:</b> Control bajada del pistón .....	84
<b>Figura 47-4:</b> Control activación/desactivación salidas de PLC.....	85
<b>Figura 48-4:</b> Control vista alternada de las pantallas presión/tiempo .....	85
<b>Figura 49-4:</b> Control contador tiempo en segundos .....	85
<b>Figura 50-4:</b> Control contador tiempo en minutos .....	86
<b>Figura 51-4:</b> Control contador tiempo en horas .....	86
<b>Figura 52-4:</b> Control modo de operación manual/automático.....	86
<b>Figura 53-4:</b> Fijación de presión de trabajo.....	87
<b>Figura 54-4:</b> Pantalla fijar presión .....	87
<b>Figura 55-4:</b> Cálculo stop presión máxima .....	87
<b>Figura 56-4:</b> Cálculo caída presión máxima.....	88
<b>Figura 57-4:</b> Cálculo caída de presión mínima.....	88
<b>Figura 58-4:</b> Cálculo caída de presión mínima.....	88
<b>Figura 1-5:</b> Pruebas preliminares de la central hidráulica .....	89
<b>Figura 2-5:</b> Pruebas preliminares del tablero de control .....	90
<b>Figura 3-5:</b> Tiempo de las pruebas de funcionamiento .....	91
<b>Figura 4-5:</b> Soporte para la central hidráulica .....	92
<b>Figura 5-5:</b> Soporte para el tablero de control.....	92
<b>Figura 6-5:</b> Montaje del elevador hidráulico .....	93
<b>Figura 7-5:</b> Montaje del soporte a la central hidráulica.....	93
<b>Figura 8-5:</b> Montaje la central hidráulica .....	93
<b>Figura 9-5:</b> Montaje del tablero de control.....	94
<b>Figura 10-5:</b> Instalación final del sistema hidráulico .....	94
<b>Figura 11-5:</b> Pruebas de funcionamiento final de sistema hidráulico .....	95

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-5:</b> Curva Presión vs Tiempo .....	96
---	----

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo A:** Características y dimensiones de la Unidad Hidráulica
- Anexo B:** Componentes principales (parte mecánica)
- Anexo C:** Componentes principales (armado de la parte mecánica)
- Anexo D:** Diagrama del Circuito Hidráulico
- Anexo E:** Componentes principales (parte eléctrica)
- Anexo F:** Componentes principales (armado parte eléctrica)
- Anexo G:** Diagrama del Circuito Eléctrico
- Anexo H:** Diagrama de Procesos del Sistema Implementado
- Anexo I:** Manual de Operación modo manual
- Anexo J:** Manual de Operación modo automático
- Anexo K:** Tabla de presiones para el ensayo
- Anexo L:** Manual de Mantenimiento
- Anexo M:** Manual de Seguridad



## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar, construir e implementar un sistema para mantener la presión constante en una máquina de ensayos de termofluencia. Para su realización se recopiló la información necesaria acerca del funcionamiento de la máquina de termofluencia y de los sistemas hidráulicos, sus características, propiedades, ventajas y desventajas mediante un estudio bibliográfico para proceder a realizar una matriz QFD (Quality Function Deployment) donde se procede a definir las especificaciones de diseño y selección para posteriormente elegir la mejor alternativa para el sistema a implementar. A continuación se realizó la selección de los diferentes elementos mecánicos dependiendo de la capacidad máxima que se podrá aplicar en el ensayo, y también de elementos eléctricos que permitirán el funcionamiento manual y/o automático del sistema. Para completar el diseño del sistema se procede a realizar el diseño y programación del circuito eléctrico con sus diferentes acciones de entradas, salidas y memorias digitales con la ayuda del Software LOGO Soft Confort V8.0. Finalmente se implementó todo el sistema hidráulico en la máquina de ensayos de termofluencia para verificar si cumple con los requerimientos indicados y correcto funcionamiento. En conclusión, el sistema hidráulico implementado puede mantener una presión constante según el rango que se desee aplicar en los ensayos, su capacidad máxima puede llegar a los 2000 psi. Se recomienda revisar el manual de operación y mantenimiento del sistema hidráulico para poder realizar los ensayos correctamente y a la vez alargar la vida útil del equipo.

**Palabras claves:** <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TERMOFLUENCIA>, <CAPACIDAD DE CARGA>, <SISTEMA HIDRAÚLICO>, <VÁLVULAS DIRECCIONALES>, <PROGRAMACIÓN>. <LOGO SOFT CONFORT V8.0 (SOFTWARE)>.

## SUMMARY

The objective of this project is to design, build and implement a hydraulic system using a controller to keep the pressure constant in a creep testing machine. For this, the necessary information was collected about the operation of the creep machine and hydraulic systems, their characteristics, properties, advantages and disadvantages through a bibliographic study to make a QFD (Quality Function Deployment) matrix where we proceed to define the specifications of the design and selection and later to choose the best alternative for the system to be implemented. After that, the selection of the different mechanical elements was made depending on the maximum capacity that can be applied in the test, and of electrical elements that will allow the manual and / or automatic operation of the system, too. To complete the study of the system we proceed to design and program the electrical circuit with its different actions of inputs, outputs and digital memories with the help of the Software LOGO Soft Comfort V8.0. Finally, the entire hydraulic system was implemented in the creep testing machine to verify if it meets the indicated requirements and correct operation. In conclusion, the hydraulic system implemented can maintain a constant pressure according to the range that you want to apply in the tests; its maximum capacity can reach 2000 psi. It is recommended to review the operation and maintenance manual of the hydraulic system in order to carry out the tests correctly and at the same time extend the useful life of the equipment

**KEY WORDS:** <TECHNOLOGIES AND ENGINEERING SCIENCES>, <CREEP>, <LOADING CAPACITY>, <HYDRAULIC SYSTEM>, <DIRECTIONAL VALVES>, <PROGRAMMING>, <LOGO SOFT CONFORT V8.0 (SOFTWARE)>.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación está enfocado en el diseño, construcción e implementación de un sistema hidráulico para mantener la presión constante en una máquina de ensayos de termofluencia.

En base a la recopilación de información y datos como el funcionamiento de la máquina de ensayos de termofluencia y de los sistemas hidráulicos, sus características, propiedades, ventajas y desventajas se procederá a realizar una matriz QFD (Quality Function Deployment) donde se procede a definir las especificaciones de diseño y selección para posteriormente elegir la mejor alternativa para el sistema a implementar con el fin de obtener un sistema eficiente y seguro durante todo el proceso de ensayo.

Para desarrollar todo el proceso se realizará la selección de los diferentes elementos mecánicos dependiendo principalmente de la capacidad máxima de trabajo que se podrá aplicar en el ensayo, y también de elementos eléctricos que permitirán el funcionamiento manual y/o automático del sistema desde el inicio hasta el final del ensayo.

Para completar el diseño del sistema se procederá a realizar el diseño y programación del circuito eléctrico con sus diferentes acciones de entradas, salidas y memorias digitales con la ayuda del Software LOGO Soft Comfort V8.0. Para posteriormente simular el funcionamiento verificando que cada parámetro este correcto y realizar la respectiva carga y transferencia de información de la PC al microcontrolador con la ayuda del cable Ethernet.

Finalmente para concluir con el proyecto se implementará todo el sistema en la máquina de ensayos de termofluencia para verificar si cumple con todos los requerimientos indicados y correcto funcionamiento durante todo el proceso de ensayo, garantizando así una toma de datos coherentes y más exactos.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

La termofluencia es la deformación plástica que puede sufrir un material a temperatura elevada y durante períodos largos de tiempo aun cuando el esfuerzo aplicado sea menor que su resistencia a la fluencia. La termofluencia es causada por el movimiento de las dislocaciones, las cuales ascienden en la estructura cristalina a causa de la difusión. (Rivas, 2015 pág. 81)

El fenómeno de termofluencia es también conocido como creep, este término es relativamente nuevo en Ecuador ya que pocos trabajos se han realizado a nivel de América del Sur, pero en América del Norte se han expuesto trabajos importantes sobre el tema en países como México y EEUU, debido a su alta producción industrial en el campo de la construcción de equipos que directa o indirectamente al fenómeno denominado termofluencia. (LÓPEZ, y otros, 2017 pág. 2)

Actualmente se sabe que la termofluencia es causada por procesos difusivos que son térmicamente activados, es decir, que se activan por calor; aunque, al ser estrictos, la termofluencia ocurre a cualquier temperatura, pero a altas temperaturas (aproximadamente 0,5 del punto de fusión), se manifiesta de manera significativa, por lo que la termofluencia es considerada un fenómeno de alta temperatura y por transmitir a través del tiempo es considerada un proceso dinámico y como factor limitante en el diseño, es importante considerar la temperatura máxima de operación del material. (CAICEDO, 2014 pág. 3)

El ensayo de termofluencia consiste en someter al material o probeta de prueba a un esfuerzo constante y temperatura elevada en una atmosfera inerte para evitar interferencias por oxidación. El material o probeta se calienta dentro de un horno y la carga es aplicada con un sistema de palanca con pesos muertos diseñado para que al alargarse del material de prueba, el brazo de palanca disminuya reduciendo con esto la

carga y compensando el adelgazamiento del material de manera que el esfuerzo permanezca constante. (MORALES, 2009 pág. 24)

## **1.2. Formulación del problema**

El Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica cuenta con una Máquina para Ensayos de Termofluencia la cual trabaja tomando en cuenta factores como la temperatura y la presión. En este caso la presión se la controla manualmente durante el ensayo para tensar el material, lo que dificulta realizar el ensayo de una manera adecuada para obtener resultados aceptables y exactos.

## **1.3. Justificación**

### ***1.3.1. Justificación Práctica***

La presentación de esta propuesta tecnológica se da porque existe la necesidad de mejorar la realización de los ensayos de termofluencia, con la construcción de un sistema de tracción con presión constante que sea capaz de controlar la presión manteniéndola en los rangos establecidos con el fin de obtener resultados exactos y precisos al culminar con el ensayo.

### ***1.3.2. Justificación Teórica***

Esta propuesta tecnológica se la realiza con el propósito de ayudar y facilitar en los ensayos de termofluencia, ya que se estaría demostrando que el uso de un sistema controlado mejoraría dichos ensayos y evitaría el esfuerzo humano al momento de estabilizar la presión manualmente como se lo viene realizando actualmente.

Una vez controlada la fuerza de tracción durante el ensayo, se observará los cambios que sufre el material en la microestructura y las propiedades físicas de una manera más uniforme, de tal modo que la práctica será más exacta arrojando mejores resultados.

### ***1.3.3. Justificación Metodológica***

Para la elaboración de este proyecto se realizará la recopilación de información primeramente acerca del funcionamiento de la máquina de ensayos de termofluencia, la misma que se encuentra en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la

ESPOCH, luego se procederá a establecer las diferentes soluciones para mantener la presión constante y finalmente la implementación del sistema de tracción de la probeta con el fin de brindar mayor exactitud y seguridad en los ensayos a realizar.

#### **1.4. Alcance**

El proyecto planteado dispondrá de un sistema que permita traccionar la probeta con un esfuerzo continuo y obtener así datos de deformación confiable, lo que facilitará realizar todo el proceso de ensayo hasta su culminación sin la necesidad de que exista la intervención del esfuerzo físico del operario.

#### **1.5. Objetivos**

##### ***1.5.1. Objetivo General***

Diseñar, construir e implementar un sistema para mantener la presión constante en la máquina de ensayos de termofluencia.

##### ***1.5.2. Objetivos Específicos***

- Examinar el estado del arte correspondiente al estudio del sistema mediante la revisión de libros, artículos, etc., para conocer de los requerimientos del mismo.
- Diseñar un sistema aplicando herramientas de diseño conceptual para la determinación de las especificaciones, características y selección de la alternativa de diseño más óptima.
- Seleccionar, montar e implementar el sistema para mantener la presión constante en la máquina de ensayos de termofluencia.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del sistema acoplado a la máquina de ensayos para verificar su correcto desarrollo.
- Elaborar guías de laboratorio, manuales de operación, mantenimiento y seguridad de la máquina.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Hidráulica

La palabra hidráulica proviene del griego hydor = agua, y en aulein = tocar la flauta de esta forma se traduce como el líquido que se usa es casi siempre un aceite de algún tipo (fluido hidráulico) reconociendo que la fuerza se multiplica casi siempre en el proceso. El concepto de hidráulica puede definirse de varias maneras. En nuestro caso de estudio dentro del contexto de la mecánica de los fluidos, entenderemos la hidráulica como la parte de la física que estudia el comportamiento de los fluidos (Permanete, 2015).

Entre algunos ejemplos en los que se encuentra la tecnología hidráulica son:

- Máquinas herramientas
- Prensas
- Maquinaria de obras
- Vehículos
- Aeronáutica

Durante un período comparativamente corto, comenzando cerca del final del siglo XVII, el físico italiano, Evangelista Torricelli, el físico francés, Edme Mariotte, y posteriormente, Daniel Bernoulli condujeron experimentos para estudiar los elementos de fuerza en la descarga del agua a través de pequeñas aberturas a los lados de los tanques y a través de cañerías cortas. Durante el mismo período, Blaise Pascal, descubrió la ley fundamental de la ciencia de la hidráulica siendo este su enunciado “El aumento en la presión sobre la superficie de un líquido confinado es transmitido sin disminución a través del recipiente o del sistema que lo contiene” (Shaum, 2008).

#### 2.2. Oleohidráulica

El vocablo oleohidráulica se utiliza para definir a una tecnología de ámbito industrial que emplea el aceite como fluido y energía, y que está íntimamente relacionada con las leyes de la mecánica de los fluidos. Así, cualquiera sea la fuente de energía esta se transmite a

una bomba y la transforma en energía hidráulica, la cual se manifiesta en forma de caudal de fluido hidráulico hasta un elemento accionador, donde se vuelve a transformar en la energía mecánica necesaria para realizar un trabajo (Presas, canales y cajas de agua: la tecnología hidráulica en El Bajío mexicano., 2000).

En particular, la oleohidráulica es un medio de transmitir energía empujando un líquido confinado, el componente de entrada se llama bomba, el de salida se denomina actuador, que puede ser lineal (cilindro), o rotativo (motor) (Ñonthe, 2015). Por lo tanto, se define como la tecnología que produce, transmite y controla movimientos y esfuerzos por medio de líquidos a presión, mismos que pueden ser ayudados o no por elementos eléctricos y electrónicos, gracias a este proceso se consigue que una sola fuente de energía produzca diversos movimientos simultáneos en una misma máquina (Oleohidráulica. Primera. s.l., 2002).

El principio precursor de la oleohidráulica es la ley de Pascal la cual manifiesta lo siguiente: “la presión en cualquier punto de un fluido sin movimiento tiene un solo valor, independiente de la dirección”.

### ***2.2.1. División de la oleohidráulica en la actualidad***

- **Oleohidráulica convencional:** La cual utiliza componentes o válvulas todo o nada, pasa líquido o no pasa, utiliza regulaciones normales, mecánicas (levas, pulsadores, rodillos), pilotados con circuitos hidráulicos auxiliares o eléctricas con electroimán normal.
- **Oleohidráulica modular:** Es igual a la convencional salvo en lo que pudiera denominarse ordenación del "cableado". Intentando minorar tuberías para eliminar fugas y pérdidas de carga, se acoplan las válvulas y componentes formando módulos. Además con cierta normalización se ha conseguido minorar costos.
- **Oleohidráulica con servo válvulas:** Resulta relativamente perfecta pero costosa y difícil, pero si no se utiliza no se resuelven los problemas de la Oleohidráulica convencional: regular con gran precisión fuerzas y velocidades.



### **2.2.2. *Ventajas y desventajas de la oleohidráulica***

#### **Ventajas**

- Cambios rápidos de sentido
- El aceite empleado en el sistema es fácilmente recuperable
- Instalaciones compactas
- Permite trabajar con elevados niveles de fuerza o momentos de giro
- Protección simple contra sobrecargas
- Velocidad de actuación fácilmente controlable

#### **Desventajas**

- El fluido es más caro
- Pérdidas de carga
- Personal especializado para la mantención
- Fluido muy sensible a la contaminación (Sistemas Oleohidráulicos., 2015).

### **2.3. Sistema oleohidráulico**

El sistema oleohidráulico no es una fuente de potencia sino más bien es una forma de transmisión de energía, un motor eléctrico o un motor de combustión interna es el principal accionador de la bomba oleohidráulica (Oleohidráulica. Primera. s.l., 2002).

En la industria de la maquinaria pesada, se encuentran sistemas oleohidráulicos como: gatos hidráulicos, servomecanismos, retroexcavadoras, grúas, etc., los cuales necesitan mantener el fluido de trabajo en un cierto intervalo de temperatura para su correcta operación (Diseño y construcción de un control de temperatura para el fluido del banco de pruebas para bombas hidráulicas de desplazamiento positivo., 2009). La mayoría de personas del mundo entero poseen conocimiento de sistemas oleohidráulicos aún sin saber cómo funcionan ni que leyes y principios rigen su comportamiento.

Es característico en estos sistemas observar una barra de acero con aspecto de acabado espejo saliendo o entrando de un cilindro, el mismo que posee mangueras por las cuales circula un fluido a alta presión que actúa sobre el área de un émbolo haciendo desplazar aquella barra de acero que mencionamos al inicio cuyo nombre técnico es vástago y su

aspecto espejo es debido a un proceso de cromado duro (Dos testimonios sobre historia de los aprovechamientos hidráulicos en México, 1994).

Por así decirlo, el secreto para mover grandes cargas se desplaza por pequeñas mangueras que transportan fluido a gran presión. Pero ¿qué pensamos del término presión? En muchas circunstancias lo hemos mencionado aun sin saber la fórmula que lo rige, bien pues, el científico Blaise Pascal tras un largo proceso de cálculo y experimentos determinó que la presión en un fluido confinado era el resultado de una fuerza sobre una superficie y a su vez la presión sería la misma en cualquier punto del sistema (Termodinámica para Ingenieros, 2004).

Es bajo este principio que trabajan los sistemas oleohidráulicos ya sean manuales como el gato hidráulico de un vehículo o de accionamiento por bomba como los de una retroexcavadora, entre otros (Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas, 1986). Es así que un sistema oleohidráulico puede ser ejecutado de forma manual en el caso del típico gato hidráulico que transportamos en los automóviles o a su vez ser accionado por una bomba capaz de generar gran presión y un considerable caudal, de esta última variable dependerá la velocidad de salida del vástago del cilindro que lo contiene (Diseño de controladores P, PI y PID para el comportamiento dinámico de un servo-sistema hidráulico, basado en desarrollo experimental. Investigación, 2014).

### ***2.3.1. Componentes de un sistema oleohidráulico***

Los componentes de un sistema son todos aquellos elementos que incorpora el sistema para su correcto funcionamiento, mantenimiento y control entre los cuales se destaca:

- Acople motor-bomba
- Bomba
- Cilindros doble efecto
- Elementos actuadores o de trabajo
- Elementos de regulación y control
- Filtros de salida y retorno
- Manómetro
- Motor eléctrico
- Motor hidráulico

- Válvulas anti retorno
- Válvulas de dirección o distribuidores
- Válvulas de regulación de presión y caudal
- Válvulas de seguridad

### **2.3.2. *Ventajas y desventajas de los sistemas hidráulicos***

#### **Ventajas**

- El coste de la energía es menor.
- En altas presiones el aceite tiene la capacidad de comportarse como un sólido y por ende la compresión se considera despreciable.
- Fácil transformación de un movimiento giratorio en rectilíneo o lineal y viceversa.
- Facilidad para evitar sobrepresiones mediante válvulas de seguridad.
- La fuerza es ilimitada, todo dependiendo del tamaño del actuador.
- La utilización de la oleohidráulica posee una gran ventaja sobre el agua, ya que no corroe los componentes internos de los circuitos por donde circula el aceite, y esto permite una mayor vida útil de los componentes usados.
- Las presiones de trabajo que se pueden alcanzar son realmente altas aproximadamente 600 bares.
- Los sistemas oleohidráulicos son más silenciosos.
- Permite conseguir movimientos suaves, exentos de vibraciones con el ritmo que se desee, rápidos de aproximación y retroceso con movimientos lentos de trabajo.
- Regulación más precisa y sencilla de la velocidad de los actuadores.
- También el aceite tiene la propiedad de lubricar y sellar las pequeñas áreas que hay entre componentes en los circuitos oleohidráulicos.

#### **Desventajas**

- En determinados casos la tecnología se complica y requiere especialistas en su uso y mantenimiento.
- La variación de su viscosidad con la temperatura y la presión produce variaciones en las pérdidas de carga en los conductos y en las válvulas.
- Las pérdidas por fugas en cilindros y sistemas de sellado disminuyen el rendimiento del sistema y las velocidades de desplazamiento de los actuadores,

disminuir fugas, exige tuberías buenas, cilindros y válvulas con mecanizados de alta precisión lo que implica costos.

- Los componentes oleohidráulicos son de mayor peso y de mayor volumen.
- Los movimientos son más lentos.

### **2.3.3. Fluido oleohidráulico**

La mecánica de los fluidos se ha desarrollado mediante el entendimiento de las propiedades de los fluidos (peso, densidad, presión, etc.) pero antes de definir las propiedades es necesario definir que es un fluido. En particular, un fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar que tan pequeño sea este esfuerzo. Fuerza cortante es la componente de una fuerza tangente a una superficie y está dividida por el área de la superficie es el esfuerzo cortante promedio sobre el área. La incapacidad de los fluidos para resistir esfuerzos de corte les proporciona su habilidad característica de cambiar de forma o fluir (Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas, 1986).

Los fluidos es aquella sustancia que, debido a su poca cohesión intermolecular, carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene. Los fluidos se clasifican en líquidos y gases. Los líquidos a una presión y temperatura determinadas ocupan un volumen determinado. Introducido el líquido en un recipiente adopta la forma del mismo, pero llenando sólo el volumen que le corresponde (Oleohidraulica, 2004). Transmite la energía generada por la presión, a la vez que protege las partes de todo el sistema de la corrosión. Por lo general se usa aceite ya que tiene un margen de operatividad desde los  $-27^{\circ}\text{C}$  hasta los  $125^{\circ}\text{C}$  sin problemas (Aciles, 2000).

La función principal del fluido oleohidráulico en una instalación oleohidráulica es la transmisión de fuerzas y movimientos. Dado que no existe un fluido Oleohidráulico igualmente adecuado para todos los sectores de aplicación, al elegir el mismo deberán considerarse las características específicas de cada caso de aplicación. Solo de ese modo resulta posible un servicio libre de inconvenientes y económico (Mannesmann, 1992).

### **Propiedades de los fluidos hidráulicos**

- Baja compresibilidad

- Buen poder lubricante
- Buena resistencia a la oxidación
- Características anticorrosivas
- Estabilidad frente al cizallamiento
- Viscosidad apropiada Variación mínima de viscosidad con la temperatura

### 2.3.3.1. *Tipos de fluidos hidráulicos*

Los tipos de fluidos que la hidráulica utiliza para su funcionamiento son los siguientes:

**Fluidos agua:** Se utilizó hasta la segunda década del siglo XVII. Tiene los graves inconvenientes de corrosión, alto punto de congelación y bajo de ebullición, ausencia de poder lubricante y nulas propiedades anti desgaste y extrema presión. Su uso fue sustituido por los aceites minerales.

**Fluidos aceite mineral:** los fluidos con estas bases son los más utilizados en aplicaciones hidráulicas. Los aceites minerales poseen una buena relación viscosidad/temperatura (índice de viscosidad), baja presión de vapor, poder refrigerante, una compresibilidad baja, inmiscibilidad con agua, de satisfactorias o excelentes cualidades de protección, y no requieren especial cuidado respecto a las juntas y pinturas normalmente utilizadas.

**Fluidos emulsión de aceite en agua:** también denominada emulsión directa, se trata de una emulsión de aceite (3 al 15%) en agua, que forma una especie de taladrina soluble. Tiene un costo muy bajo y excelentes propiedades de apagado de llama. Sus desventajas son: muy limitadas temperaturas de utilización, pobre resistencia de la película, dificultades con la corrosión, problemas de estabilidad de la emulsión y problemas de evaporación.

**Fluidos emulsión de agua en aceite:** también denominada emulsión inversa, contiene del orden de un 40% de agua. Tiene excelentes propiedades de apagado de llama y un costo bajo/medio, pero su temperatura de utilización es muy limitada, su poder lubricante medio, presenta problemas de evaporación de agua/estabilidad, y es un fluido no newtoniano.

**Fluidos agua-glicol:** son mezclas en disolución del 20 al 45% de agua y etileno-propilenglicol, con aditivos anticorrosivos y mejoradores anti desgaste. Tiene buena relación viscosidad/temperatura, muy buenas propiedades de resistencia a la llama, excelente comportamiento a bajas temperaturas, y un costo que no es prohibitivo. Sin embargo, su temperatura de utilización está limitada por el agua, suele tener problemas de corrosión, presenta problemas de evaporación y separación de fases, y requiere frecuentes cuidados de mantenimiento.

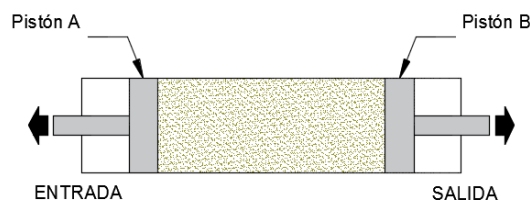
**Fluidos sintéticos no acuosos:** En la actualidad existen una gran variedad de estos fluidos cada uno con sus características y propiedades muy diferentes. La elección de estos tipos de fluidos deberá hacerse teniendo en cuenta su alto precio, la posible reacción con juntas y materiales sellantes así como el ataque a pinturas e influencia fisiológica y ecológica/medio-ambiental.

#### 2.3.3.2. *Funciones principales de un fluido hidráulico*

Son cuatro las funciones principales que un fluido hidráulico presenta:

- Disipar calor
- Lubricar las partes en movimiento
- Sellar las partes de unión entre las piezas
- Transmitir potencia

#### 2.3.3.3. *Transmisión de potencia*



**Figura 1-2:** Transmisión de potencia

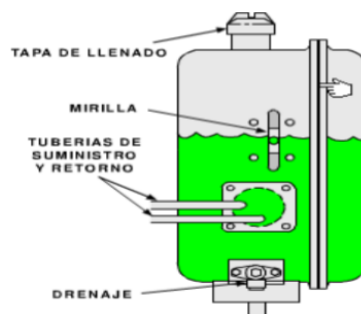
**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

En la figura 1 se demuestra el principio en el que se basa la transmisión de potencia tanto en los sistemas neumáticos y sistemas hidráulicos. Una fuerza mecánica, la potencia aplicada en el pistón A. La presión que se produce en el interior desarrollado en el fluido la que permite ejercer una fuerza de empuje en el pistón B. (Alvarez, 2003).

### 2.3.4. Depósito

El depósito de un sistema hidráulico es inicialmente el recipiente destinado a almacenar el fluido necesario para el funcionamiento normal del sistema; sin embargo, el depósito, debe también realizar otras funciones como la de facilitar la disipación del calor fluido, o la separación del aire que este pueda contener (Ravell, 2000).

Otra función es la de actuar como cámara de expansión que acepta los cambios de volumen del fluido en el circuito principal, debido a los desequilibrios volumétricos producto del accionamiento de cilindros hidráulicos y demás elementos que intervengan en el mismo circuito. En general, en su diseño se acomodan a lo aceptado por la práctica, por lo que a veces forma parte de la propia estructura de las máquinas, y en otras constituyen depósitos independientes o son solidarios de la bomba. Esta última opción es bastante frecuente y, en ciertos casos, la bomba va sumergida en el fluido hidráulico.



**Figura 2-1:** Elementos de un depósito de aceite  
Fuente: (Royo, 2000)

### 2.3.5. Acumulador

Son componentes destinados a almacenar fluido presurizado para liberarlo bajo demanda del sistema. Un sistema hidráulico está propulsado por una bomba diseñada para proporcionar una cierta cantidad de presión continua. Una bomba más grande y fuerte puede propulsar el fluido hidráulico más rápido, pero también usa muchas más energía. Un acumulador hidráulico es un sistema que almacena fluido hidráulico presurizado. De esa manera, la bomba no tiene que ser lo suficientemente fuerte como para hacer frente a un repentino aumento en la demanda. En lugar de eso, puede seguir bombeando el fluido hidráulico a un ritmo constante y contar con el acumulador para proporcionar el fluido hidráulico extra cuando sea necesario (Chavolla, y otros, 2009).

En los acumuladores de gas, una vejiga de gas presurizado presiona contra una vejiga hidráulica. Cuanto más se llena la vejiga, más presiona contra el gas, incrementando la presión. Un acumulador de resorte funciona de manera similar, excepto que un gran resorte o resortes presionan contra la vejiga para comprimirla. En un acumulador de peso elevado, el fluido hidráulico es bombeado dentro de un pistón grande con un peso en la parte superior. Este peso ejerce una fuerza constante, que presiona hacia abajo el fluido y lo comprime cuando se llena y vacía (Sistema de regeneración de energía en vehículos (modelado y simulación dinámica), 2010).



**Figura 2-2:** Sección de un acumulador de membrana

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

El acumulador debe diseñarse de forma que cumpla las siguientes funciones:

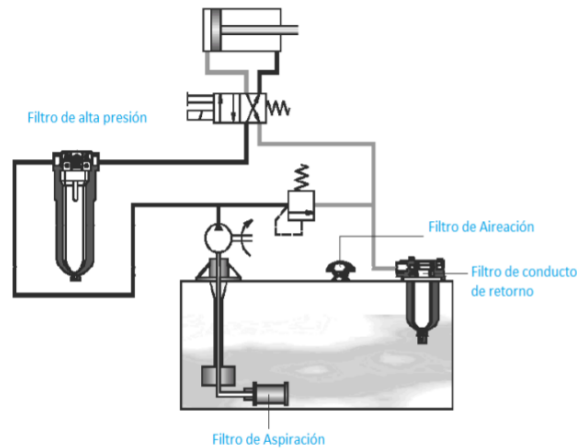
- Compensar fugas de fluido
- Compensar variaciones de presión
- Dejar en su parte superior un espacio libre suficiente para que el aire pueda separarse del fluido.
- Disipar el calor generado en el sistema
- Permitir que los contaminantes se sedimenten
- Reducir o eliminar los golpes de ariete
- Servir de almacenamiento para el fluido que va a circular por el sistema (Aeron, 2015).

### 2.3.6. *Filtros*

Los fluidos hidráulicos se mantienen limpios en el sistema principalmente con aparatos tales como filtros y coladores. Partículas tan pequeñas como de 1-5 micrones tienen un efecto degradador causando fallas en los sistemas servo y apresurando el deterioro del aceite. Un filtro es un aparato cuya función principal es la retención, por medio de un medio poroso de contaminantes insolubles del fluido. Son los elementos



acondicionadores del fluido que tienen como misión principal la de eliminar los contaminantes que éste arrastra, ya que la contaminación de los fluidos es una de las principales causas de averías de los sistemas hidráulicos (Ravell, 2000).



**Figura 3-2:** Tipos de filtro según su ubicación

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

El filtrado del líquido hidráulico es muy importante para el mantenimiento correcto de sus funciones y para conseguir una duración dilatada de los elementos de la instalación. Las partículas metálicas desprendidas de tuberías, válvulas y cilindros; los fragmentos de juntas arrancadas por rozamiento, el polvo que invade la instalación hidráulica, forman partículas, más o menos grandes, que han de separarse del aceite por medio de filtros, para preservar la vida de los elementos que constituyen el sistema, especialmente la bomba y las válvulas, ya que la suciedad produce un gran desgaste en las piezas móviles de la instalación hidráulica (Almandoz, y otros, 2007).



**Figura 4-2:** Filtro de aceite

**Fuente:** (Royo, 2000)

Los filtros hidráulicos se mantienen limpios en el sistema debido principalmente a elementos tales como filtros y coladores. De esta manera, es el encargado de retirar del aceite las partículas sólidas en suspensión (trozos de metal, plásticos, etc.) El aceite puede filtrarse en cualquier punto del sistema. En muchos sistemas hidráulicos, el aceite es

filtrado antes de que entre a la válvula de control. Para hacer esto se requiere un filtro más o menos grande que pueda soportar la presión total de la línea (Laica, y otros, 2013).

Según la complejidad estructural de la máquina, su entorno de funcionamiento o su importancia en la secuencia del proceso productivo en el que se encuentra integrada, el sistema de filtración hidráulico puede estar construido por filtros de diferente diseño y materiales situados en puntos específicos del equipo (Presas, canales y cajas de agua: la tecnología hidráulica en El Bajío mexicano., 2000).

#### *2.3.6.1. Tipos de filtros*

**Filtro de impulsión o de presión:** situado en la línea de alta presión tras el grupo de impulsión o bombeo, permite la protección de componentes sensibles como válvulas o actuadores.

**Filtro de retorno:** en un circuito hidráulico cerrado, se emplea sobre la conducción del fluido de retorno al depósito a baja presión o en el caso de filtros semi sumergidos o sumergidos, en el mismo depósito. Actúan como un control de las partículas originadas por la fricción de los componentes móviles de la maquinaria.

**Filtro de venteo, respiración o de aire:** situado en los respiraderos del equipo, permite limitar el ingreso de contaminantes procedentes del aire.

**Filtro de recirculación:** situados off-line, normalmente sobre la línea de refrigeración que alimenta el intercambiador de calor, permiten retirar los sólidos acumulados en el depósito hidráulico.

**Filtro de succión:** Llamados también strainers, se disponen inmediatamente antes del grupo de impulsión a manera de proteger la entrada de partículas al cuerpo de las bombas.

**Filtro de llenado:** Se instalan de manera similar a los filtros de venteo, en la entrada del depósito habilitada para la reposición del fluido hidráulico de manera que permiten su filtración y la eliminación de posibles contaminantes acumulados en el contenedor o la línea de llenado de un sistema centralizado (Parra, 2012).

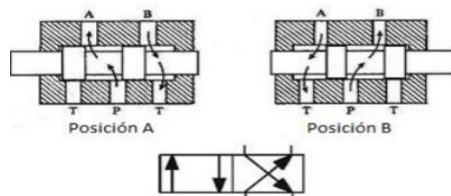
### 2.3.7. Válvulas

La válvula es un dispositivo mecánico, que consiste de un cuerpo y de una parte interna móvil que conecta y desconecta los conductos que están dentro del cuerpo. En las válvulas hidráulicas los conductos transportan líquidos. La acción de la parte móvil es controlar la presión máxima del sistema, la dirección y la velocidad del flujo. En así que las válvulas son el mecanismo que hace posible regular el flujo de fluidos cumpliendo diferentes tipos de funciones en un circuito oleohidráulico, existen diversas válvulas, cada una con funciones específicas dentro de las más utilizadas están: válvulas direccionales, reguladoras de caudal, limitadoras de presión, divisora de flujo (Martínez, 2001).

Dentro de las válvulas existe un elemento móvil que da pie al movimiento direccional del fluido, este elemento es el vástago, que consiste en un eje con un número determinado de caras, puede haber dos, tres y cuatro restrictores.

#### 2.3.7.1. Válvulas direccionales

Constituyen los órganos de mando de un circuito hidráulico. También son utilizados en sus tamaños más pequeños como emisores o captoras de señales para el mando de las válvulas principales del sistema, y aun en funciones de tratamiento de señales.



**Figura 5-2:** Movimiento del fluido dentro de una válvula direccional

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Las válvulas direccionales, como su nombre indica, se usan para controlar la dirección del caudal. Aunque todas realizan esta función, estas válvulas varían considerablemente en construcción y funcionamiento. Se clasifican, según sus características principales, tales como (Moreno, 2008). Consiste de un cuerpo de la válvula, un número determinado de conductos internos que están dentro del cuerpo de la válvula, y de una parte móvil o vástago deslizante que conecta y desconecta los conductos, controlando así la dirección del fluido.

Son aquellas que abren y cierran el paso y dirigen el fluido en un sentido u otro a través de las distintas líneas de conexión. Se pueden clasificar por el número de pasos que tienen, el número de entradas y salidas que tienen y por el número de posiciones en que pueden actuar (Ravell, 2000). Las funciones de las válvulas es permitir, orientar o detener un flujo de aceite por distribuir el fluido hacia los elementos de trabajo son conocidas también como válvulas distribuidoras. (Laica, y otros, 2013).

#### 2.3.7.2. *Válvulas de control de presión*

Se usan para controlar la presión de un circuito o de un sistema. Aunque las válvulas de control tienen diferentes diseños, su función es la misma. Algunos tipos de válvulas de control de presión son: válvulas de alivio, válvulas de secuencia, válvulas reductoras de presión, válvulas de presión diferencial y válvulas de descarga.

#### 2.3.7.3. *Válvulas de alivio*

La válvula de alivio mantiene la presión dentro de límites específicos y, al abrirse, permite que el aceite en exceso fluya a otro circuito o regrese al tanque.

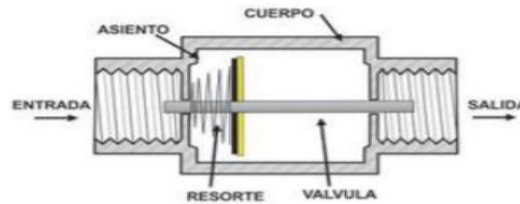
La válvula de alivio simple se mantiene cerrada por acción de la fuerza del resorte. La tensión del resorte se ajusta a una “presión de alivio”. Sin embargo, el ajuste de la presión de alivio no es la presión a la que la válvula comienza a abrirse. Cuando ocurre una condición que causa resistencia en el circuito al flujo normal de aceite, el flujo de aceite en exceso hace que la presión de aceite aumente. El aumento de la presión de aceite produce una fuerza en la válvula de alivio. Cuando la fuerza de la presión de aceite, en aumento, sobrepasa la fuerza del resorte de la válvula de alivio, la válvula se mueve contra el resorte y la válvula comienza a abrirse. La válvula se abre lo suficiente para permitir que sólo el aceite en exceso fluya a través de la válvula (Ravell, 2000).

#### 2.3.7.4. *Válvulas auxiliares*

Para aplicaciones que requieren válvulas de seguridad que permitan el paso de grandes caudales con pequeñas pérdidas de carga se usan válvulas de seguridad pilotadas (Ravell, 2000).

### 2.3.7.5. Válvulas anti retorno

Estas válvulas sirven para bloquear el paso del fluido en una dirección. Las válvulas anti retorno, también llamadas válvulas de retención o válvulas check, tienen por objetivo cerrar por completo el paso de un fluido en circulación en un sentido y dejar paso libre en el sentido contrario. Tiene la ventaja de un recorrido mínimo del disco o bola que se mueve para cerrar el paso en un sentido.



**Figura 6-2:** Esquema de una válvula anti retorno

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Se utilizan cuando se pretende mantener a presión una tubería en servicio y poner en descarga la alimentación. El flujo del fluido que se dirige desde el orificio de entrada hacia el de utilización tiene el paso libre, mientras que en el sentido opuesto se encuentra bloqueado. También se las suele llamar válvulas unidireccionales. Las válvulas anti retorno son ampliamente utilizadas en 61 tuberías conectadas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete, principalmente en la línea de descarga de la bomba.

### 2.3.7.6. Válvulas de control de presión

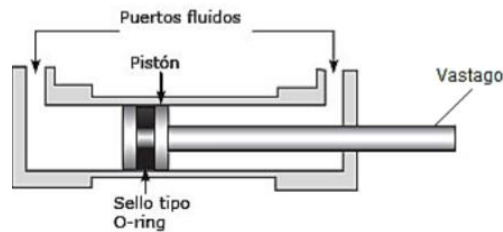
El control de flujo consiste en controlar el volumen del flujo de aceite dentro o fuera de un circuito. El control en un sistema hidráulico puede ser logrado de varias maneras. La forma más común es la instalación de un orificio. Cuando un orificio es instalado, el orificio presenta una alta restricción mayor a la restricción normal al flujo de la bomba. La mayor resistencia incrementa la presión del aceite. El incremento en la presión de aceite causa que algo del aceite tome otro camino.

Este dispositivo permite regular la presión en el sistema y a la vez sirve como elemento de seguridad ya que si por alguna razón la presión se eleva, se abre la válvula permitiendo que el fluido retorne al depósito (Calderón, 2018).

### 2.3.8. Cilindros

Los cilindros hidráulicos son actuadores mecánicos que aprovechan la energía de un circuito o instalación hidráulica de forma mecánica. Los cilindros hidráulicos son posiblemente la forma más habitual de uso de energía en instalaciones hidráulicas (Royo, 2000) los mismos transforman la energía hidráulica en mecánica lineal o directa, la que se aplica a un objeto resistente para realizar un trabajo.

El cilindro consiste en un tubo calibrado con un cierre en cada extremo y un pistón móvil que esta fijo al vástago. El cuerpo del cilindro está previsto en un extremo de un orificio de entrada por el que ingresa el fluido al tubo y en otro extremo de un orificio de salida. (Calderón, 2018).

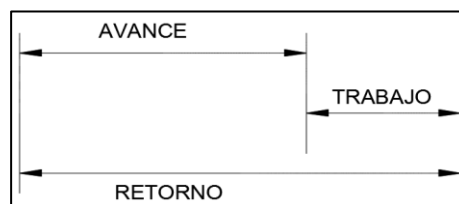


**Figura 7-2:** Esquema base de un Cilindro Hidráulico  
Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Las principales características de un cilindro hidráulico son las siguientes:

- Diámetro del pistón y vástago
- Longitud de la carrera
- La capacidad de presión viene dada por el fabricante.

Esta información puede obtenerse de la placa de referencias del cilindro o del catálogo del fabricante. La velocidad del cilindro, la fuerza exterior disponible y la presión requerida para una carga dada, dependen todas del área del pistón. (Schmitt, 1990).



**Figura 8-2:** Ciclo de trabajo de un cilindro  
Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Básicamente, los cilindros hidráulicos se definen por su sistema de desplazamiento en:

**Cilindros hidráulicos de simple efecto:** el movimiento de retorno del mismo se efectúa por un muelle o resorte, o en ocasiones por gravedad.

**Cilindros hidráulicos de doble efecto:** se utiliza la presión Hidráulica para el movimiento en ambos sentidos.

En un circuito hidráulico hoy en día el cilindro hidráulico es un equipo insustituible para la transformación de energía hidráulica en energía mecánica. Es, por lo tanto, el miembro de unión entre el circuito hidráulico y la máquina de accionamiento. El cilindro hidráulico tiene la función de realizar movimientos de traslación (lineales) y simultáneamente, transmitir fuerzas (Flores, 2010) porque es el encargado del trabajo final que se pretenda realizar, es capaz de desplazar grandes cargas y en maquinarias como volquetas, retroexcavadoras, grúas, es el elemento claramente visible. Existen varios tipos como: cilindro sumergible, cilindro telescópico, cilindro de simple efecto, cilindro de doble efecto, etc. (Sperry, 2008).

### **2.3.9. Tuberías y racores**

Las tuberías, mangueras y conexiones (racores) son los accesorios necesarios para interconectar los componentes de un sistema hidráulico. Son los componentes (rígidos ó flexibles) por los que circula el fluido, mientras que los racores son los sistemas de unión de las tuberías y mangueras entre sí o con los restantes componentes del sistema (Belló, 2011) son las encargadas de interconectar los diferentes componentes y conducir el fluido dentro del sistema hidráulico. Su elección en el sistema hidráulico depende en gran medida de factores como: presión estática y dinámica, máximo caudal, compatibilidad con los diferentes fluidos, facilidad para el servicio, vibración, permisividad a las fugas, condiciones ambientales y costos. Dependiendo de la flexibilidad requerida en la aplicación, se seleccionan las tuberías, ya sean rígidas o flexibles. Estas últimas son muy utilizadas en sistemas móviles o en aquellos en los que la vibración puede provocar daños o fugas del sistema. Las mangueras utilizadas en sistemas hidráulicos de presión son fabricadas por capas de elastómeros, fibras y mallas de acero. Cada capa está diseñada para cumplir una necesidad particular. El tubo interno está hecho generalmente por algún

tipo de goma sintética, o termoplástica como el nylon. (Determinación experimental del módulo de bulk de tuberías flexibles para sistemas oleohidráulicos. Scientia Et Technica, 2005).

Al realizar la conexión entre sí de los múltiples componentes que integran una instalación oleohidráulica se ocupan dos tipos de tubos sustancialmente diferentes, flexibles y rígidos:

**Las tuberías flexibles:** se usan para alimentar aquellos órganos receptores que modifican su posición respecto a los demás durante su funcionamiento, o bien cuando el uso de tuberías rígidas no resulta aconsejable por la presencia de vibraciones debido a la actividad realizada. Estas tuberías soportan valores elevados de presión, pueden flexionarse fácilmente, incluso por la acción de pequeños esfuerzos y permiten las más diversas conformaciones.

**Las tuberías rígidas:** son tubos de acero que soportan altas presiones, los cuales son obtenidos por estirado y recidos sucesivos, que les confiere suficiente plasticidad para permitir su deformación, los tubos normalmente empleados presentan una superficie interior muy lisa y un diámetro con tolerancias constructivas muy reducidas (Flores, 2010).

### ***2.3.10. Bombas***

La bomba es el corazón de un sistema hidráulico y abastecen todo el sistema mediante el trasiego de fluido hacia los demás componentes como motores, pistones o válvulas (Laica, y otros, 2013). En sistema oleohidráulico, la bomba convierte la energía mecánica en energía oleohidráulica (potencia oleohidráulica) impulsando fluidos al sistema. Todas las bombas funcionan según el mismo principio, succionando un volumen en la entrada y empujando el volumen hacia el sistema; pero los distintos tipos de bombas varían en las formas de control de caudal que puedan tener (Oleohidráulica. Primera. s.l., 2002), en este contexto, la bomba es probablemente el elemento más importante y menos comprendido en un sistema hidráulico, son hechas en diferentes tamaños y formas, con distintos propósitos. Sin embargo, todas las bombas se pueden clasificar en dos categorías: hidrodinámicas e hidrostáticas.



Al seleccionar bombas hidráulicas deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos: el medio de servicio, el rango de presión exigido, el rango de velocidad de rotación esperado, la temperatura máxima y mínima de servicio, la viscosidad más alta y la más baja, la situación de montaje (entubado), el tipo de accionamiento (acoplamiento), la vida útil esperada, el máximo nivel de ruido, la facilidad de servicio y el precio máximo (Aplicaciones de la ingeniería: Maquinaria hidráulica en embarcaciones pesqueras pequeñas, 1988).

#### *2.3.10.1. Procesos de la bomba hidráulica*

**Aspiración:** al comunicarse la energía mecánica a la bomba, esta comienza a girar y con esto se genera una disminución de la presión en la entrada de la bomba como el depósito de fluido se encuentra sometido a presión atmosférica, entonces se encuentra una diferencia de presiones lo que provoca la succión y con ello el impulso hidráulico hacia la entrada.

**Descarga:** al entrar fluido en la bomba lo toma y lo traslada hasta la salida y asegura por la forma constructiva de rotación que el fluido no retroceda. Dado esto, el fluido no encontrara más alternativa que ingresar al sistema que es donde se encuentra el espacio disponible, consiguiendo así la descarga. Bomba Hidráulica debe tener una fuente continua de líquido disponible en el puerto de entrada para suministrar el líquido al sistema.

Dado que la bomba fuerza el líquido a través del puerto de salida, un vacío parcial o un área de baja presión se crea en el puerto de entrada. Cuando la presión en el puerto de entrada de la bomba es más baja que la presión atmosférica local, la presión atmosférica que actúa sobre el líquido en el depósito fuerza el líquido hacia la entrada de bomba (Laica, y otros, 2013).

#### *2.3.10.2. Propiedades de una bomba hidráulica*

Las propiedades que debe presentar un fluido hidráulico se presentan a continuación:

- Baja compresibilidad
- Buen comportamiento viscosidad/temperatura: IV elevado

- Buenas propiedades lubricantes, que frecuentemente deben ser potenciadas con propiedades anti desgaste
- Viscosidad adecuada (Laica, y otros, 2013).

## **2.4. Automatización**

A través de los siglos el hombre se ha propuesto mejorar sus condiciones de vida, facilitar sus labores cotidianas, mejorar los procesos de producción, ser más competitivo y generar mayor riqueza a través de su trabajo, evitando desgastarse e incluso, tener que hacerlo por sí mismo. A partir de la inventiva, experiencia y demás virtudes que el hombre posee ha podido generar miles de soluciones a sus problemas cotidianos, si unimos parte de estas virtudes con la necesidad de mejorar, ser más competitivo, reducir al máximo su participación en los trabajos pesados y generar para sí mismo mayores beneficios, encontramos soluciones tan creativas y a la vez tan avanzadas que nos permiten eliminar por un instante los límites que el hombre como ser racional posee (Cornejo, y otros, 2011).

La automatización de un proceso se la realiza integrando diferentes sistemas y subsistemas como pueden ser: sistemas eléctricos, hidráulicos, electrónicos, neumáticos, electromecánicos etc., los cuales nos ayudan a facilitar las diferentes operaciones a ser realizadas y así permitir cumplir nuestro proceso de forma correcta optimizando recursos. (Piedrahita, 2001).

### ***2.4.1. Elementos de un proceso automatizado***

Fuentes de energía, necesarias para ejecutar el proceso y los controles, la principal fuente es la electricidad, la cual es convertida a formas alternas de energía: mecánica, térmica, lumínica, acústica e hidráulica.

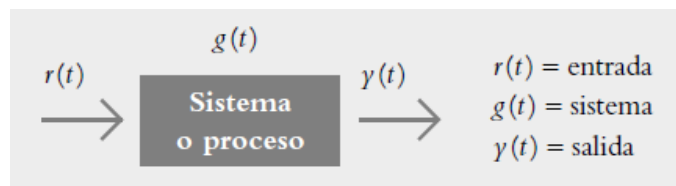
**Infraestructura de equipos:** Ejecutarán las operaciones de transformación necesaria sobre los materiales para obtener los productos que se requieren.

**Programa de instrucciones:** Donde se definen las acciones a desarrollar de acuerdo con el diagrama de flujo del proceso.

**Arquitectura del sistema de control:** En este se definen los requerimientos de sensórica, instrumentación, controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de supervisión, necesarios para ejecutar el proceso.

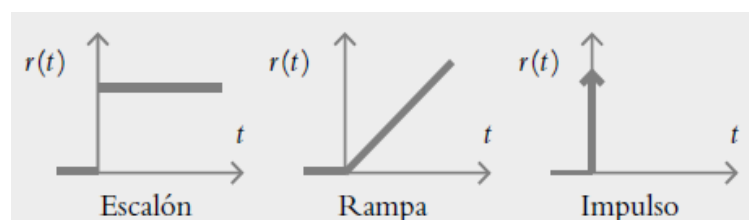
**Sistema de control:** Ejecuta el programa de instrucciones del sistema automático y permite la realización del proceso; se definen los ciclos de trabajo, en el que para cada uno se establece el mismo número de pasos asociados con los cambios en los parámetros del proceso, sin variaciones de un ciclo a otro. Así, el programa de instrucciones es repetido durante cada ciclo de trabajo sin desviaciones (Ingeniería de Control Moderna, 2003).

Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlar se por sí mismo. Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal  $r(t)$  a manera de entrada para obtener una respuesta o salida  $y(t)$ , puede representarse mediante bloques. (HERNANDEZ, 2010)



**Figura 10-2:** La salida del sistema se debe a la interacción de la entrada con el proceso  
Fuente: (HERNANDEZ, 2010)

El vínculo entrada-salida es una relación de causa y efecto con el sistema, por lo que el proceso por controlar (también denominado planta) relaciona la salida con la entrada. Las entradas típicas aplicadas a los sistemas de control son: escalón, rampa e impulso, según se muestra en la figura. (HERNANDEZ, 2010)



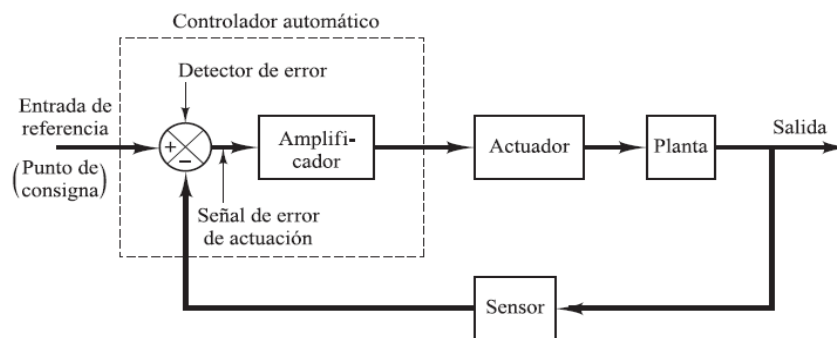
**Figura 11-2:** Distintos tipos de entradas aplicadas a los sistemas de control  
Fuente: (HERNANDEZ, 2010)

La entrada escalón indica un comportamiento o una referencia constantes introducidos al sistema, mientras que la entrada rampa supone una referencia con variación continua en el tiempo, y la corta. La función respuesta impulso o función de transferencia es la representación entrada impulso se caracteriza por ser una señal de prueba con magnitud muy grande y duración muy matemática del sistema. (HERNANDEZ, 2010)

#### 2.4.2. Control Automático

Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control. (Ogata, 2010)

La figura siguiente es un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor (elemento de medición). El controlador detecta la señal de error, que por lo general, está en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador automático se alimenta a un actuador, como un motor o una válvula neumáticos, un motor hidráulico o un motor eléctrico. El sensor, o elemento de medición, es un dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable manejable, como un desplazamiento, una presión o un voltaje, que pueda usarse para comparar la salida con la señal de entrada de referencia. Este elemento está en la trayectoria de realimentación del sistema en lazo cerrado. El punto de ajuste del controlador debe convertirse en una entrada de referencia con las mismas unidades que la señal de realimentación del sensor o del elemento de medición. (Ogata, 2010)



**Figura 12-2:** Diagrama de bloques

Fuente: (Ogata, 2010)

Los controladores industriales se clasifican, de acuerdo con sus acciones de control, como:

1. De dos posiciones o controladores on-off
2. Controladores proporcionales
3. Controladores integrales
4. Controladores proporcionales-integrales
5. Controladores proporcionales-derivativos
6. Controladores proporcionales-integrales-derivativos. (Ogata, 2010)

## **2.5. Fenómeno de Termofluencia**

La necesidad de caracterizar materiales metálicos que trabajen durante largos periodos de tiempo a temperaturas elevadas debido a sus múltiples aplicaciones ingenieriles tal como los son: generadores de vapor, hornos industriales, turbinas de gas y de vapor para la generación de energía eléctrica, equipo de procesos químicos, motores de combustión interna y los modernos procesos de producción, han conducido a los científicos y tecnólogos a realizar exhaustivos estudios para la obtención y análisis de las propiedades mecánicas de los materiales metálicos en tales condiciones. (CAICEDO, 2014)

El fenómeno de Termofluencia es causada por el movimiento de las dislocaciones, las cuales ascienden en la estructura cristalina a causa de la difusión. La dislocación no se mueve sobre su plano de deslizamiento como sería el caso de la deformación plástica causada por una fuerza mayor que ay, sino que se mueve perpendicular a su plano de deslizamiento.

El fenómeno de termofluencia o creep es un proceso dinámico de deformación plástica de un material bajo una carga constante menor al esfuerzo de cedencia, debido a movimientos de nivel atómico, clásicamente asociados con temperaturas elevadas. (LÓPEZ, y otros, 2017)

El comportamiento de la termofluencia de un determinado material depende de la temperatura a la cual está sometido dicho material y carga aplicada (tensión) que este soporta. La norma que rige un ensayo de termofluencia es la ASTM E-139, esta indica que dicho ensayo consiste en someter a una probeta a carga constante ya sea de tracción o compresión, siendo también aplicada cierta temperatura dentro de un horno.

### 2.5.1. La Curva de Termofluencia

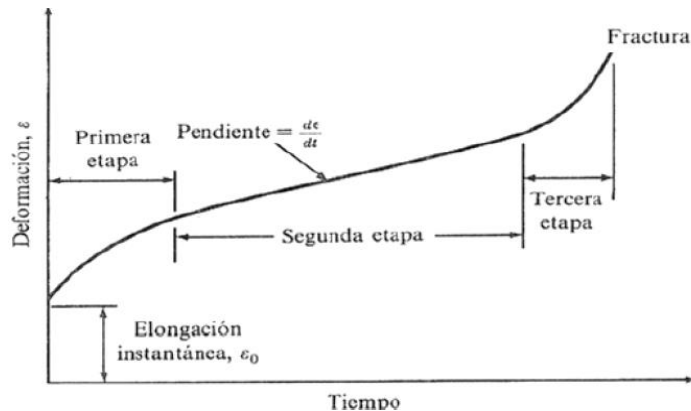
Para la obtención de la curva característica de termofluencia se experimenta con una muestra de tensión sometida a una carga constante suficiente para generar una deformación de termofluencia generalizada a una temperatura por encima de la mitad de la temperatura absoluta de fusión de un metal. Con ello se obtiene un cambio en la longitud de la muestra, frente a incrementos de tiempo, generando así la curva de termofluencia. (CAICEDO, 2014)

Debido a que la Termofluencia es activada por la difusión, responde a la ecuación de Arrhenius:

$$\text{Rapidez de termofluencia} = C\sigma^n \exp\left(-\frac{Q_c}{RT}\right)$$

$$\text{Tiempo de ruptura} = K\sigma^m \exp\left(-\frac{Q_c}{RT}\right)$$

C, K, m y n son propiedades del material. La termofluencia también puede describirse por medio de las curvas de esfuerzo -ruptura.



**Figura 13-2:** Curva Ideal de Termofluencia

Fuente: (Askeland, 2009)

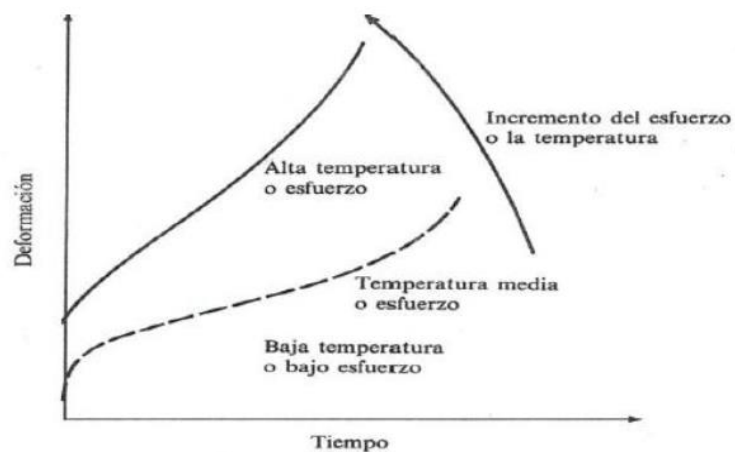
Las curvas de esfuerzo - ruptura para diferentes temperaturas pueden describirse por medio del parámetro de Larson - Miller, el cual se define de la siguiente forma:

$$LM = \left(\frac{T}{100}\right) (A + B \ln t)$$

Dónde: A y B: constantes del material T: temperatura t: tiempo

En la curva de termofluencia primero se produce una rápida e instantánea elongación. Luego pasa a la primera etapa donde el metal se endurece por deformación para soportar

la carga aplicada y la rapidez de la termofluencia (pendiente de la curva ( $d\varepsilon/dt$ ) decrece con el tiempo a medida que el endurecimiento por deformación se hace cada vez más elevado. Después tiene lugar una segunda etapa donde la rapidez de la termofluencia se mantiene constante como resultado del equilibrio alcanzado entre los mecanismos de generación de dislocaciones y los mecanismos de aniquilación de dislocaciones. La Termofluencia secundaria o termofluencia de estado estacionario es la etapa más importante ya que en ella ocurre la mayor parte de la deformación a alta temperatura. El mecanismo de deformación en la etapa II se conoce como flujo difusivo. Finalmente, en la tercera etapa se presenta un aumento exponencial en la rapidez de la termofluencia con el tiempo hasta la fractura donde los cambios en la microestructura promueven una mayor deformación con menor endurecimiento por deformación. (CAICEDO, 2014)



**Figura 14-2:** Efecto del Incremento de la Temperatura o la Carga en la Forma de la Curva de Termofluencia

Fuente: (Askeland, 2009)

## 2.6. Metodología del Diseño Conceptual

Dentro de la metodología del diseño en caso particular se analiza en si lo que es la matriz QFD.

### 2.6.1. La matriz *Quality function deployment* (QFD)

Más conocido como la casa de la calidad, la cual es una herramienta de la ingeniería concurrente muy utilizada en el desarrollo de un producto nuevo o en la mejora de uno ya existente, la cual permite determinar las especificaciones técnicas de la máquina o equipo, este es un método globalizador cuyo objetivo es considerar las necesidades y

requerimientos que tiene el cliente, para realizar una planificación que permita mantener los parámetros de calidad durante la vida útil de la máquina. (BUÑAY, y otros, 2015 pág. 17)

Para obtener un análisis eficiente de la matriz QFD se debe principalmente tener en cuenta dos parámetros importantes; la voz del usuario, que es quién solicita el proyecto y tiene la necesidad de implementar el sistema a la máquina, en este caso él será el encargado de plantear las necesidades que tiene y las características que debe tener el producto para satisfacer dichas necesidades y la voz del ingeniero, que es quien analiza los requerimientos del solicitante y mediante parámetros técnicos evalúa cuales son las características que tienen más influencia al momento de realizar el diseño y selección de los componentes, estos se denominaran parámetros preponderantes o influyentes y esos parámetros se toman en cuenta al momento de plantear las posibles soluciones. (BUÑAY, y otros, 2015 pág. 17)



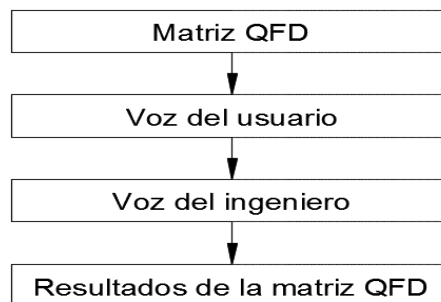
## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

#### 3.1. Selección de la mejor Alternativa

Dentro de esto se realizará el análisis de las alternativas para el diseño y selección del sistema, además las características que se pretende obtener al momento de implementar el sistema dentro de la máquina como son, la funcionalidad y exactitud al realizar el respectivo ensayo de termofluencia.

Para poder llegar a cumplir con todos estos aspectos se requiere seguir un proceso de selección ordenado y adecuado que nos ayudará a obtener un diseño y selección óptimo que pueda satisfacer completamente con las necesidades requeridas, garantizando así el correcto funcionamiento del equipo y además que los resultados que se obtengan dentro de los ensayos sean más exactos y precisos.



**Figura 1-3:** Diagrama de flujo para la selección de la mejor alternativa

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 3.1.1. La matriz *Quality function deployment* (QFD)

Más conocida como la casa de la calidad permitirá interpretar de mejor manera las especificaciones técnicas del sistema a implementar, para que este análisis sea eficiente vamos a considerar la voz del usuario y la voz del ingeniero.

**3.1.2. Voz del Usuario:** Representa los requerimientos básicos y las características con las que debe contar el sistema para mantener la presión constante.

De acuerdo con las necesidades que tiene el solicitante, el sistema deberá tener las siguientes características:

- Sistema eficiente
- Seguro
- Funcionamiento automático
- Fácil montaje
- Fácil de operar
- Fácil mantenimiento
- Funcionamiento con energía eléctrica
- Software entendible por el usuario
- Bajo costo
- Ergonomía

**3.1.3. Voz del ingeniero:** Una vez realizado el análisis de los requerimientos se procede a traducir en especificaciones técnicas, lo que nos da como resultado las siguientes características:

- Sistema de control
- Diseño del software
- Algoritmo de control
- Intercambiabilidad de elementos
- Interfaz de usuario
- Periodos de mantenimiento
- Suministro de energía
- Genere información durante el ensayo
- Límite de costo final
- Ergonomía

**3.1.4. Resultados de la matriz QFD:** Para elaborar el análisis de la matriz QFD se tomó el procedimiento propuesto por (RIBA ROMEVA, 2002). En el caso del sistema para mantener la presión constante, se toma consideraciones de funcionamiento con el propósito de adecuar correctamente el proyecto.



En la columna E se encuentra el índice de mejora que según (RIBA ROMEVA, 2002), se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de mejora} = \frac{\text{Objetivos}}{\text{Propia empresa}}$$

En la columna F se encuentra el Factor de venta que se aplica de acuerdo a la necesidad, y en la columna G se encuentra la importancia que tiene en nuestro diseño dentro del desarrollo del producto.

En la columna H esta la Ponderación que según (RIBA ROMEVA, 2002), se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ponderación} = \text{índice de mejora} * \text{factor de venta} * \text{importancia}$$

$$\text{Ponderación} = E * F * G$$

Además según (RIBA ROMEVA, 2002), para el cálculo de la incidencia se aplica la siguiente formula:

$$\text{Incidencia} = \Sigma c * P$$

$$\text{Incidencia} = \Sigma \text{correlación} * \text{Ponderación}$$

**3.1.5. Conclusiones de la matriz QFD:** Una vez analizado el diagrama QFD, el cual se consideró la voz del usuario, la voz del ingeniero y las competencias, se puede concluir que los requerimientos más importantes a considerar son:

- Sistema de control
- Diseño del Software
- Algoritmo de control
- Límite de costo final
- Ergonomía

Donde el requerimiento técnico más importante a considerar dentro de la aplicación es el sistema de control, el cual va ser el dispositivo que controle todo el sistema para mantener la fuerza constante en los rangos establecidos durante todo el tiempo que llegue a durar los ensayos establecidos.

**3.1.6. Especificaciones técnicas:** Una vez analizado la matriz QFD y haber obtenido los resultados ya establecidos, se llega a indicar las especificaciones técnicas que tendrá el sistema para mantener la presión constante, la misma que se presenta en la tabla a continuación:

**Tabla 2-3:** Especificaciones técnicas de la máquina

<b>Empresa cliente:</b> LABORATORIO ING. MECÁNICA		<b>Producto:</b> Sistema para mantener la presión constante		<b>Fecha inicial:</b> 2018/03/20 <b>Última revisión:</b> 2018/11/15
<b>Diseñadores:</b> César Lema Luis Montoya				Página 1
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		D	R	Sistema para mantener la presión constante
Materiales		C	R	Elementos mecánicos y eléctricos, controlador.
Construcción y montaje		D	R	Sistema de control que pueda mantener la fuerza constante
		D	R	Selección del sistema a implementar
Vida útil y Mantenimiento		F	D	En operación 10 años
		D	R	Fácil mantenimiento dependiendo de la utilización.
Energía		C	R	Energía eléctrica de 210 – 220V
Control		C	R	Sistema de control
		F	R	Controles accesibles
Seguridad y Ergonomía		D	R	La máquina debe tener un sistema de seguridad
		C	D	Ubicación de los controles.
Propone: M = Marketing, C = Cliente, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación. R/D: R = Requerimiento, D = Deseo, MR = Modificación de requerimiento.				

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

**Fuente:** (RIBA ROMEVA, 2002)

### 3.2. Análisis Funcional

Este análisis nos permite identificar claramente las funciones principales y secundarias que el sistema cumple para mantener la fuerza constante. Estas funciones se tomarán en

cuenta dependiendo de los requerimientos del usuario, satisfaciendo así las necesidades impuestas.

Luego de establecer las funciones que desempeñara el sistema, se puede plantear las posibles soluciones que sean útiles para el correcto funcionamiento del mismo y seleccionar la solución más factible y viable. Las funciones deben ser correctamente agrupadas en módulos y a su vez ser representadas en diagramas de flujo, los cuales nos ayudan a entender de mejor manera el funcionamiento completo del sistema.

Realizando el análisis del sistema para mantener la fuerza constante se tiene las funciones principales del sistema a implementar:



**Figura 2-3:** Función principal del sistema

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

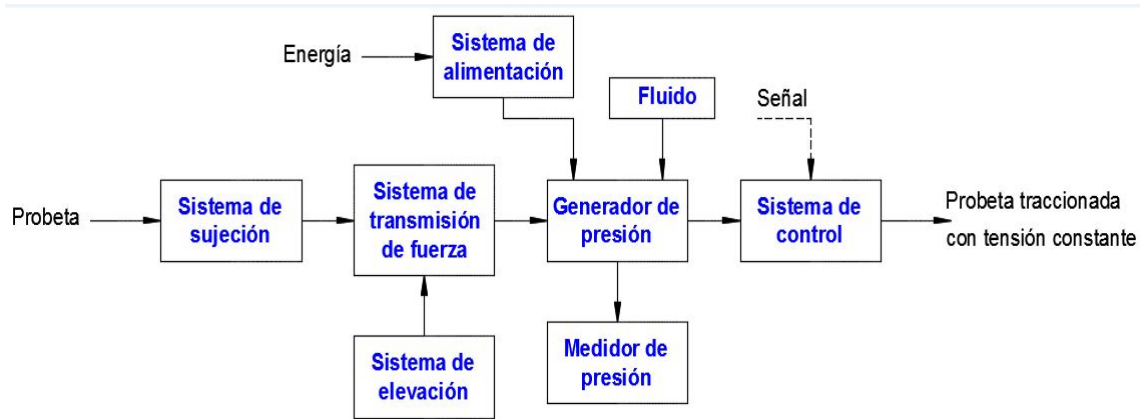
Como se puede observar en la figura, al realizar el análisis funcional las entradas del sistema para mantener la presión constante son:

- Señal: Indicará el inicio del funcionamiento
- Probeta: Elemento para en el ensayo de termofluencia
- Energía: Energía de funcionamiento que es de 210 – 220V

Y las salidas del sistema son:

- Probeta traccionada a fuerza constante

Para el desarrollo es necesario un nivel más de los diagramas funcionales, para tener una ampliación mayor que nos conducirá a establecer determinadas soluciones. En el diagrama de funciones secundarias de la máquina, se analizará los sub sistemas que se proponen, para luego proceder a elegir entre ellos los que se van a descartar de acuerdo al diseño establecido.



**Figura 3-1:** Diagrama de funciones secundarias del sistema

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 3.3. Alternativas para cada módulo

El módulo que se ha diseñado debe cumplir con la función principal el cual es mantener la presión constante durante todo el ensayo, para lograr este objetivo cada uno de sus subsistemas debe ser seleccionado para que cumpla su función de manera eficiente y segura. En este apartado lo que se realizará es analizar los sistemas más importantes del diseño y selección y se planteará tres opciones para seleccionar la que mejor se adapte a nuestra necesidad, generando así una solución adecuada que permita que el diseño final presente las mejores características para los fines que se desea implementar.

Las opciones para la selección y el diseño del sistema que se va analizar son cinco sub sistemas que son importantes en el funcionamiento del sistema para mantener la presión constante, los cuales son:

- Sistema de control
- Generador de presión
- Medidor de presión
- Sistema de elevación
- Fluido a utilizar

#### 3.3.1. Sistema de control

El sistema de control es considerado como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los

resultados buscados. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados. (Turmero, 2016)

El sistema de control que podrá generar la acción misma de controlador dentro de la aplicación se ha optado por dos opciones, que se detallaran a continuación:

### 3.3.1.1. Controlador Lógico Programable – PLC

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los Controladores Lógicos Programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada. (Castillo, 2006 pág. 1)

Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios pre-programados.
- Generar ciclos de tiempo.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Comunicarse con otros sistemas externos.
- Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina. (Prieto, 2007 págs. 3-4)

En este caso entre la variedad de PLCs existentes el que se va utilizar se presenta a continuación:



**Figura 4-3:** PLC LOGO!

Fuente: (Indiamart, 2014)



### 3.3.1.2. *Microcontroladores*

El microcontrolador es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación embebida. Es como una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. También incluye a un procesador y por supuesto memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM). Su función es la de automatizar procesos y procesar información. El microcontrolador se aplica en toda clase de inventos y productos donde se requiere seguir un proceso automático dependiendo de las condiciones de distintas entradas. (HETPRO, 2017 pág. 1)

#### **Elementos de un microcontrolador**

Un microcontrolador al menos tendrá:

- Microprocesador.
- Periféricos (unidades de entrada/salida).
- Memoria.



**Figura 5-3:** Microcontroladores

Fuente: (DevCode pág. 3)

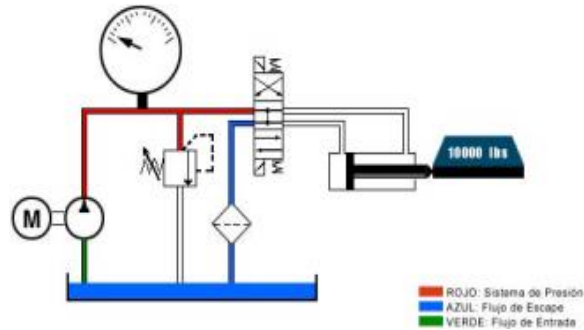
### 3.3.2. *Generador de Presión*

La generación de presión es importante puesto que es la base de la realización del proyecto, ya que dentro del ensayo uno de los factores a mantener constante es la presión. Para ello se presenta dos posibles alternativas que nos permitan generar presión, como pueden ser un sistema hidráulico o un sistema neumático.

#### 3.3.2.1. *Sistema Hidráulico*

La mayoría de los sistemas hidráulicos disponen de un depósito que contiene el aceite o el fluido hidráulico y una o más bombas para transmitir este fluido de una cámara a otra.

Los sistemas hidráulicos funcionan a una presión mayor y tienden a producir más fuerza que los sistemas neumáticos. Por esta razón, el sistema hidráulico se utiliza a menudo para levantar y aplastar cosas. Se utiliza, por ejemplo, en los gatos y en los elevadores de automóviles. (Rosales, 2013 pág. 1)



**Figura 6-3:** Sistema hidráulico básico

Fuente: (Microsoft Word - HydWorkBook, 2000)

### Ventajas:

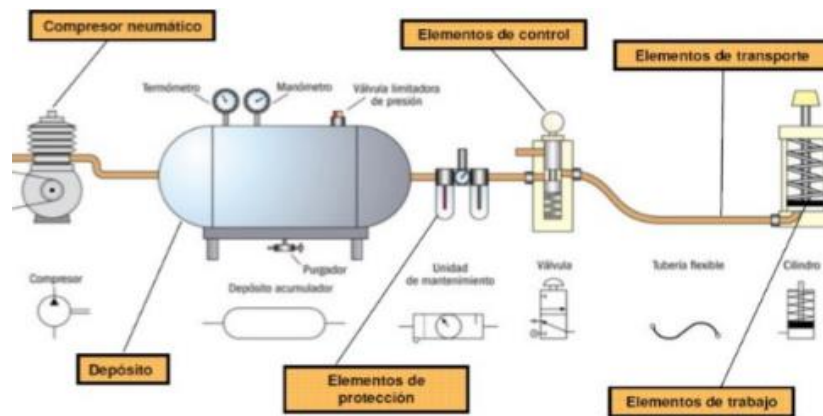
- Posibilidad de generar suficiente fuerza por medio de presión.
- Posibilidad de controlar la velocidad y dirección por medio de válvulas
- Parada inmediata en caso de emergencias.
- Trabaja a altas presiones

### Desventajas:

- Sistema costoso
- Limpieza en la manipulación de aceite
- Diseño complejo (BUÑAY, y otros, 2015 pág. 26)

#### 3.3.2.2. Sistema Neumático

El sistema neumático obtiene su potencia, en última instancia, a partir de un compresor de aire, que pone el gas en el sistema a alta presión, dándole la capacidad de realizar el trabajo mecánico. Los sistemas neumáticos se utilizan para ejecutar equipos, tales como taladros, en ambientes húmedos o sucios donde el equipo eléctrico sería difícil o peligroso. Como tales, se utilizan ampliamente en operaciones de minería y construcción, donde la energía eléctrica no siempre está disponible o puede crear un riesgo de explosión. (Rosales, 2013 pág. 1)



**Figura 7-3:** Elementos del Sistema Neumático

Fuente: ( I.E.S. Martínez Urbarri, 2014)

### ***Ventajas***

- El costo es accesible
- Funcionamiento adecuado
- Puede transmitir señales al equipo

### ***Desventajas***

- Para la preparación del aire comprimido es necesario la eliminación de las impurezas y humedades.
- La obtención del aire comprimido es costosa
- Es demasiado ruidoso
- Las velocidades no son uniformes
- No trabaja a presión altas (Rosales, 2013 pág. 1)

### ***3.3.3. Medidor de presión***

Es un instrumento que nos permite medir la presión, en este caso particular nos ayuda para poder visualizar la presión a la que se va a trabajar en el ensayo de termofluencia. Para esta aplicación se considera una sola opción que se detallara a continuación:

#### ***3.3.3.1. Manómetro de presión***

El manómetro es un instrumento de medición de presión de fluidos en los recipientes cerrados. En el caso del sistema para mantener la presión constante, este instrumento nos

indicará la presión máxima a la que se está trabajando dentro del ensayo, el cual mediante estudios y revisiones la presión a la que se deberá trabajar puede llegar máximo a los 2000 Psi.



**Figura 8-3:** Nanómetro de presiones altas

Fuente: (Amazon.es, 2014)

### ***Ventajas***

- El funcionamiento e indicador es preciso
- El costo es accesible dependiendo de la presión de trabajo
- Fácil de colocación y montaje
- Indispensable para visualizar la presión

### ***Desventajas***

- El mantenimiento debe ser minucioso
- Sensibilidad a caídas y golpes
- Requiere de calibración personalizada

### ***3.3.4. Sistema de Elevación***

Este sistema nos permite elevar el brazo de acero para tensar el material (probeta) a cierto punto en el cual se pueda empezar el ensayo de termofluencia a cierta temperatura y presión indicada. Para esta aplicación se presenta dos opciones que nos permitirá conseguir lo planteado, en este caso será un elevador hidráulico y un cilindro de presión, los cuales se detallan a continuación:

#### ***3.3.4.1. Elevador Hidráulico***

El funcionamiento del elevador hidráulico responde al principio de Pascal, que establece que la presión en un contenedor cerrado es siempre la misma en todos sus puntos. Se le da el nombre de gato hidráulico por la utilización de un líquido, generalmente un aceite,

para ejercer presión sobre un cilindro que empujará a otro de diferente tamaño para lograr la elevación del brazo. (QuimiNet, 2011 pág. 1)

En este caso particular el elevador hidráulico a utilizar será un tipo botella con capacidad de 20 toneladas, debido a que es el que se utiliza y existe en el laboratorio de Resistencia de Materiales.



**Figura 9-3:** Elevador hidráulico

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### ***Ventajas***

- Contiene seguro que impide el paso de aire
- Potencia y velocidad
- Minimiza pérdidas mecánicas asociadas con el rozamiento
- Pueden ser utilizados con bombas eléctricas
- La capacidad es suficiente para levantamiento
- Mecanismo útil
- Funcionamiento y control sencillo

#### ***Desventajas***

- Complejidad en el mantenimiento
- Costo relativamente considerable
- Dificultad de verificar fugas

#### ***3.3.4.2. Cilindros neumáticos***

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un

recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al embolo un vástago rígido, este mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o simplemente sujetarlo. (MICRO, 2011 pág. 3)



**Figura 10-3:** Cilindros neumáticos

Fuente: (EMC Ecuador, 2013)

### ***Ventajas***

- Utilizados para múltiples aplicaciones
- Costo accesible
- Funcionamiento perfecto
- El cilindro puede trabajar en ambos sentidos
- Velocidades controladas mediante presión de aire

### ***Desventajas***

- Trabaja a presiones relativamente bajas
- Los diámetros existentes son pequeños
- Solo funciona con equipos neumáticos
- No es útil para elevar cargas elevadas
- Mantenimiento continuo
- Colocación precisa sin interferencias

### ***3.3.5. Fluido a utilizar***

Un fluido puede ser una sustancia que fluye, esta puede ser líquido o gas. Dentro del análisis, el fluido que se vaya a emplear es muy importante puesto que dependerá del tipo

de sistema que se vaya a utilizar para la implementación. En este caso debido a los sistemas que se consideran dentro del proyecto consideramos dos opciones para la utilización como son: el aceite hidráulico y el aire comprimido, los mismos que se detallan a continuación:

#### *3.3.5.1. Aceite hidráulico*

Los aceites hidráulicos son líquidos transmisores de potencia que se utilizan para transformar, controlar, y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo. Dependiendo de su aplicación, la viscosidad o aditivación deberá ser la adecuada en cada situación. (IADA S.L. pág. 1)

#### *3.3.5.2. Aire comprimido*

El aire comprimido es un elemento muy habitual en todo tipo de instalación industrial. Normalmente se emplea para obtener trabajo mecánico lineal o rotativo, asociado al desplazamiento de un pistón o de un motor neumático. En otras ocasiones, se emplea para atomizar o aplicar sprays de barnices o pinturas, que de otra forma son difíciles de bombear. (E.P.S. Ingeniería de Gijón, 2006 pág. 2)

### **3.4. Alternativas de Módulos**

Para determinar las posibles alternativas de los módulos anteriormente mencionados, se combinan las soluciones para cada función, tomando en cuenta los mejores componentes que se adapten entre sí. De esta manera se generan tres alternativas que son viables para poderlas analizar de una manera cualitativa. El resultado de la combinación de las tres alternativas se muestran en la tabla 3, en la cual se muestra alternativas para que el sistema pueda generar presión y mantenerla constante para la máquina de ensayos de termofluencia. De esta manera se seleccionará la mejor opción mediante el método ordinal de criterios ponderados.

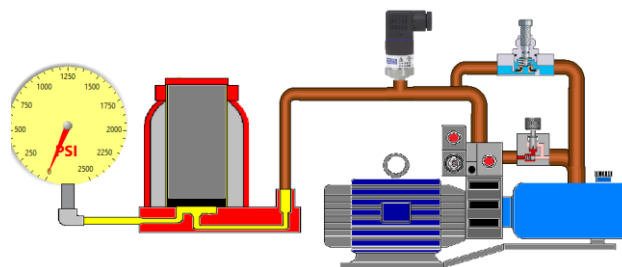
**Tabla 3-1:** Matriz morfológica

Función	Componentes		
SISTEMA DE SUJECCION	PASADORES		
SISTEMA DE TRANSMISION DE FUERZA	PALANCA		
GENERADOR DE PRESION	SISTEMA HIDRAULICO	SISTEMA NEUMATICO	MANUAL
MEDIDOR DE PRESION O FUERZA	MANOMETRO		CELDA DE CARGA
SISTEMA DE ELEVACION	ELEVADOR HIDRAULICO	CILINDRO NEUMATICO	TORNILLO SIN FIN
FLUIDO A UTILIZAR	ACEITE HIRAUOLICO	AIRE COMPRIMIDO	
SISTEMA DE CONTROL	PLC - LOGO	MICROCONTROLADOR	
<b>Soluciones</b>	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 2

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 3.4.1. Alternativa número uno

La alternativa 1 consiste en una máquina para mantener la presión constante con un sistema de control basado en un PLC específicamente LOGO! PD, un sistema hidráulico encargado para generar presión mediante la utilización de aceite hidráulico como líquido, un manómetro que será el indicador y medidor de la presión, un elevador hidráulico que será el encargado para subir el peso a una presión especificada.



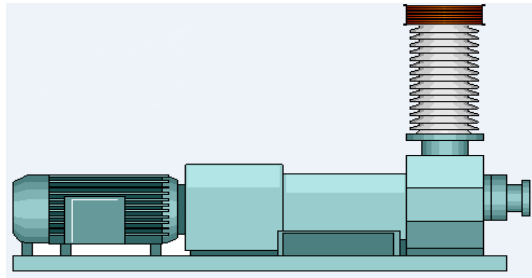
**Figura 11-3:** Alternativa de selección uno

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018



### 3.4.2. Alternativa número dos

La alternativa 2 consiste en una máquina para mantener la presión constante con un sistema de control basado en un microcontrolador, una celda de carga que será el medidor de la fuerza, un tornillo sin fin que será en encargado para subir el peso a una carga especificada.

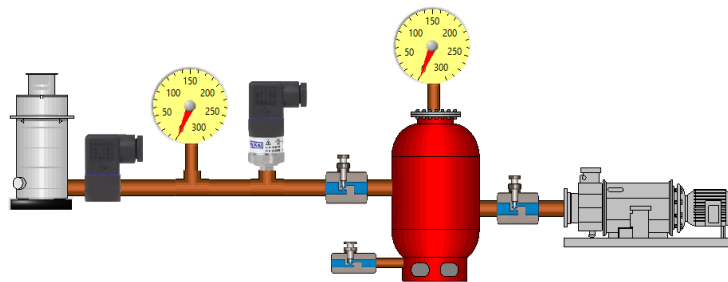


**Figura 12-3:** Alternativa de selección dos

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 3.4.3. Alternativa número tres

La alternativa 3 consiste en una máquina con un sistema de control basado en un Microcontrolador, un sistema neumático encargado para generar presión mediante la utilización de aire comprimido como líquido, un manómetro que será el indicador y medidor de la presión, un cilindro neumático que será en encargado para elevar el peso a una presión especificada.



**Figura 13-3:** Alternativa de selección tres

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

## 3.5. Evaluación de Soluciones

Durante el diseño y selección de elementos de la máquina se debe realizar un análisis de las alternativas que nos sirve como base para la toma de decisiones y seleccionar de la

mejor opción. Para elegir la mejor opción se debe tener en cuenta los siguientes elementos:

- **Alternativas:** Como mínimo se debe tener dos opciones que tengan elementos diferentes para que puedan ser analizadas y posteriormente puedan ser elegidas mediante el mejor criterio de selección.
- **Criterios:** Se aplica para determinar la mejor decisión en base a la importancia que tenga dentro de la selección de los elementos en cada alternativa evaluada.

### **3.5.1. Método ordinal corregido de criterios ponderados**

“La forma de predecir una solución entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de evaluación. Por esta razón se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados, que sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados significativos.” (TIRIRA SUÁREZ, y otros, 2014 pág. 32)

Este método se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se evalúa de la siguiente manera:

- Se estima 1, si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor;  $>$ ) que el de las columnas. (RIBA ROMEVA, 2002 págs. 59-60)
- Se estima 0,5, si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ( $=$ ) al de las columnas. (RIBA ROMEVA, 2002 págs. 59-60)
- Se estima 0, si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor;  $<$ ) que el de las columnas. (RIBA ROMEVA, 2002 págs. 59-60)

### **3.5.2. Criterios de valoración de los módulos**

La valoración de los módulos se lo realiza considerando los parámetros que mayor importancia y eficiencia nos proporcione para poder obtener los mejores parámetros requeridos. Los criterios más importantes para la valoración son:

- **Sistema de control:** Debe proporcionar un control automático emitiendo señales, facilitando el manejo dentro del tablero de control.

- *Facilidad de control:* El sistema debe ser fácil de entender para el operario y de esta manera pueda realizar los respectivos ensayos.
- *Precisión:* El algoritmo de control que debe contar con especificaciones dentro de la programación para que los valores de presión establecidos cumplan con seguridad.
- *Generador de presión constante:* El sistema debe ser el adecuado para que pueda cumplir con los requerimientos establecidos.
- *Sistema de elevación:* El medio para elevar debe ser el adecuado para que soporte la presión a la que va ser sometida y pueda tensar correctamente la probeta.
- *Precio de componentes:* El costo de los elementos y equipos deben estar en el presupuesto planteado.

En la siguiente tabla, se presenta el análisis de cada parámetro de acuerdo la valoración de criterios que se dio anteriormente.

**Tabla 4-3:** Evaluación de cada criterio

CRITERIO	Sistema de control	Facilidad de Control	Precisión	Generador de Presión	Sistema de Elevación	Precio de componentes	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sistema de Control		0,5	0,5	1	1	1	5	0,238
Facilidad de Control	0,5		0,5	1	0,5	0	3,5	0,166
Precisión	0,5	0,5		1	1	1	5	0,238
Generador de Presión Constante	0	0	0		1	0,5	2,5	0,119
Sistema de Elevación	0	0,5	0	0		0,5	2	0,095
Precio de componentes	0	1	0	0,5	0,5		3	0,143
						SUMA	21	1,00

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

A continuación se evalúa cada una de las soluciones con respecto al peso específico del criterio para poder conocer el valor de la ponderación de cada parámetro.

**Tabla 5-3:** Evaluación del peso específico del criterio SISTEMA DE CONTROL

SISTEMA DE CONTROL	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,416
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,416
			SUMA	6	1,00

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

**Tabla 6-3:** Evaluación del peso específico del criterio FACILIDAD DE CONTROL

FACILIDAD DE CONTROL	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,416
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,416
			SUMA	6	1,00

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

**Tabla 7-3:** Evaluación del peso específico del criterio PRECISIÓN

PRECISIÓN	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0,5	2,5	0,416
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	0,5	1		2,5	0,416
			SUMA	6	1,00

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

**Tabla 8-3:** Evaluación del peso específico del criterio GENERADOR DE PRESIÓN

GENERADOR DE PRESIÓN	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	0	1		2	0,333
			SUMA	6	1,00

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

**Tabla 9-3:** Evaluación del peso específico del criterio SISTEMA DE ELEVACIÓN

SISTEMA DE ELEVACIÓN	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,167
Alternativa 3	0	1		2	0,333
			SUMA	6	1,00

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

**Tabla 10-3:** Evaluación del peso específico del criterio PRECIO DE COMPONENTES

PRECIO DE COMPONENTES	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,333
Alternativa 2	1		1	3	0,5
Alternativa 3	0	0		1	0,167
			SUMA	6	1,00

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

*Tabla de conclusiones:* En la tabla número once se observa las conclusiones que llego a obtener una vez analizados todos los criterios y las respectivas alternativas, que nos permite visualizar que alternativa satisface a las necesidades para seleccionar de mejor manera los diferentes elementos.

**Tabla 11-3:** Tabla de conclusiones

CRITERIO	Sistema de Control	Facilidad de Control	Precisión	Generador de Presión	Sistema de Elevación	Precio de componentes	$\Sigma$	Prioridad
Alternativa 1	0,099	0,069	0,099	0,039	0,047	0,048	0,401	1
Alternativa 2	0,039	0,027	0,039	0,039	0,016	0,071	0,231	3
Alternativa 3	0,099	0,069	0,099	0,039	0,023	0,023	0,352	2

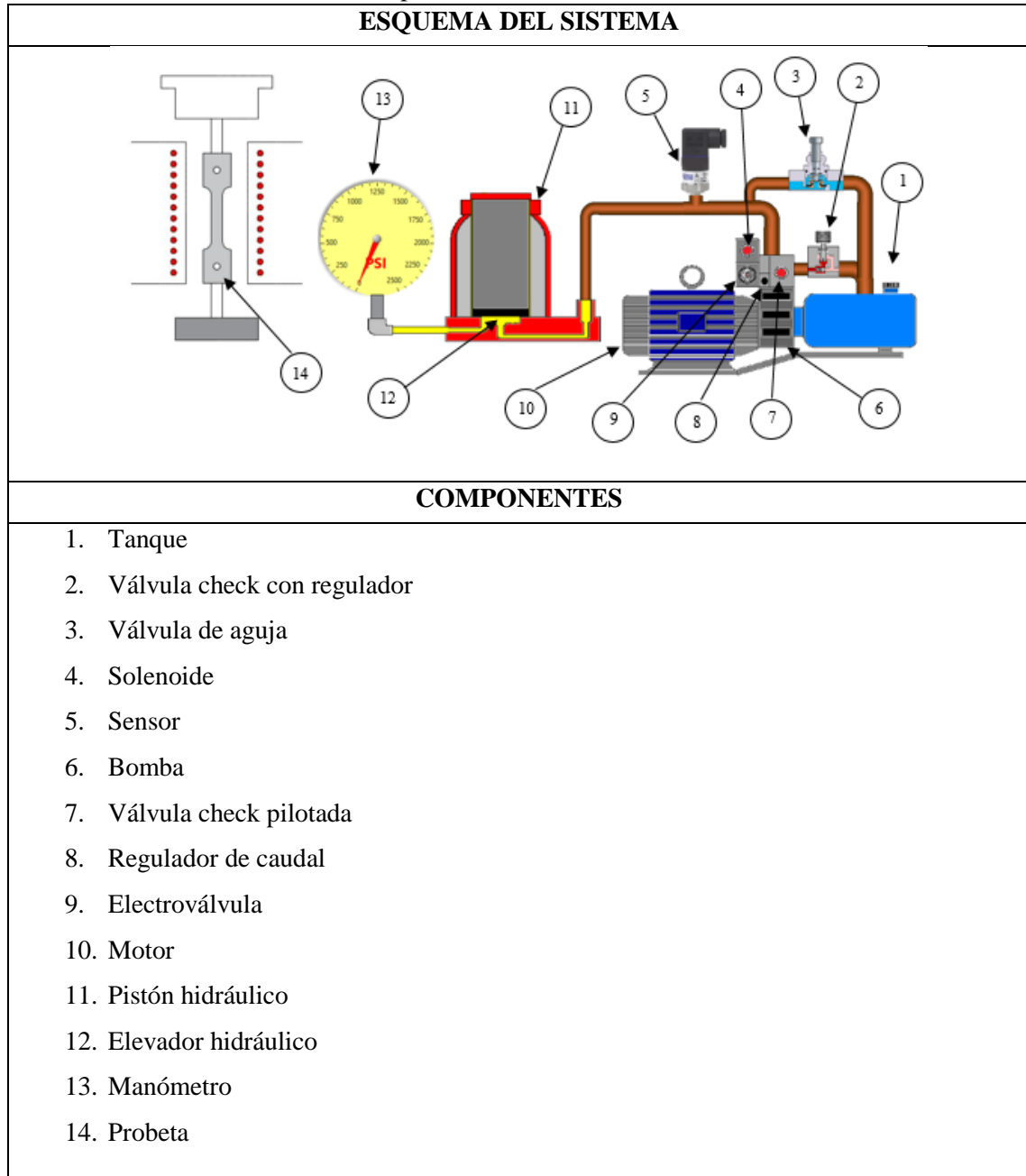
Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Durante el análisis de todos los criterios se observa que la Alternativa número uno es la que predomina por lo tanto para la selección y diseño de elementos del Sistema para mantener la presión constante será: Una máquina con un sistema de control basado en un PLC específicamente LOGO! PD, un sistema hidráulico, aceite hidráulico como líquido, un manómetro y un elevador hidráulico entre sus elementos principales.

### 3.6. Características del Sistema Hidráulico para mantener la presión constante

El sistema es desarrollado para mantener la presión constante en la máquina de ensayos de termofluencia. Las características que tendrá del sistema a implementar se presentan en la siguiente tabla, detallando algunos parámetros y elementos necesarios para su respectivo funcionamiento:

**Tabla 12-3:** Sistema Hidráulico a implementar



Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 3.7. Elementos del Sistema Hidráulico para mantener la presión constante

- *Tanque:* Utilizado para el almacenamiento del fluido (aceite).
- *Válvula check con regulador:* Seleccionada para el corte de fluido dependiendo de la aplicación necesaria.
- *Válvula de aguja:* Seleccionada para la regulación de caudal, debido a su gran estabilidad y precisión.

- *Solenoides*: Es utilizada para activar las válvulas para la salida del flujo.
- *Sensor*: Permite recibir información al detectar el paso del fluido.
- *Bomba*: Está diseñada para la generación de presión dentro del ensayo.
- *Válvula check pilotada*: Esta válvula se selecciona para mantener cierta parte del sistema libre de fugas internas.
- *Regulador de caudal*: Es seleccionada para obtener un caudal constante y mantenerlo en los rangos establecidos dentro del ensayo.
- *Electroválvula*: Permite controlar el paso del fluido dentro del conducto.
- *Motor*: Este será el encargado del funcionamiento y la puesta en marcha de la bomba hidráulica.
- *Pistón hidráulico*: Será utilizado como elemento para elevar el peso dependiendo de la presión que se desee generar.
- *Elevador hidráulico*: Seleccionado debido a la capacidad que ofrece para la carga como es de 20 toneladas.
- *Manómetro*: Seleccionado para que nos muestre la presión que se está trabajando dentro del ensayo hasta el final del mismo.
- *Probeta*: Elemento para la realización de los ensayos de termofluencia.

## CAPÍTULO IV

### 4. SELECCIÓN, ARMADO Y PROGRAMACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Una vez seleccionada la mejor alternativa para el sistema se procede a seleccionar y armar los elementos constitutivos del sistema hidráulico y posteriormente del tablero de control y programación para su respectivo funcionamiento.

#### 4.1. Selección de elementos para la Sistema Hidráulico

A continuación se detalla la selección de los diferentes elementos constitutivos con los que deberá contar el sistema hidráulico tomando en consideración como parámetro fundamental la presión a la que trabajará el sistema.

##### 4.1.1. Selección de la Unidad Hidráulica

Se tomó en consideración el trabajo de titulación realizada por (CAICEDO, 2014) el cual nos da a conocer el dimensionamiento de la máquina de ensayos de termofluencia, en donde se da el valor máximo de la carga a aplicar para los respectivos ensayos, misma que traducida a presión del elevador hidráulico nos da aproximadamente de 1595,6 psi.

Debido a los cambios y los rangos de manejo de la presión que se realiza en el ensayo, vamos a asumir un factor de servicio de 1,25 para asegurar que la unidad hidráulica a seleccionar esté por encima del valor y cumpla con las funciones satisfactoriamente.

Entonces la presión máxima de trabajo será:

$$P_{\max} = 1,25(1595,6 \text{ psi})$$

$$P_{\max} \cong 1994,5 \text{ psi} \cong 2000 \text{ psi}$$

Finalmente debido a que en el mercado solo existen unidades hidráulicas con capacidades estándar, entonces seleccionaremos la que está más próxima al valor de trabajo requerido. La cotización de la central se lo realiza a HIDRO-Neumatic ubicada en la ciudad de



Cuenca, debido a que cuenta con este equipo dentro de sus servicios y a continuación detallaremos algunas características importantes que se consideró para su selección.



**Figura 1-4:** Unidad hidráulica POWER210CD/E  
**Fuente:** (Hidromecanica del Ecuador, 2018)

Las características que presenta la unidad hidráulica seleccionada es:

**Tabla 1-4:** Características de la central hidráulica

<b>MODELO</b>
POWER220CD/E
<b>DESCRIPCIÓN</b>
Power Pack Caproni, 220 Vol, Doble Efecto, hasta 2600 psi
<b>MOTOR</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje 230 V AC; 60 Hz</li> <li>• Poder 2.2 kW</li> <li>• Velocidad 3450 tr/min</li> </ul>
<b>BOMBA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen geométrico 2 cc/rev</li> <li>• Presión de trabajo 180 bares (2610,8 psi)</li> <li>• Flujo 6.6 l/min</li> </ul>
<b>TANQUE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen 12 litros</li> </ul>

**Fuente:** (Hidromecanica del Ecuador, 2018 pág. 4)

#### 4.1.2. Selección de la electroválvula

La electroválvula a seleccionar permite controlar el paso del fluido dentro de un conducto o tubería, debido a la aplicación que se necesita, vamos a optar por una electroválvula 4/3 con centro abierto.



**Figura 2-4:** Electroválvula 4/3 con centro abierto  
**Fuente:** (CAPRONI, 2013)

El tipo de electroválvula a escoger se presenta en la tabla siguiente:

**Tabla 2-4:** Designación y propiedades de la Electroválvula

DESIG-NATION		SYMBOL	INTERMEDIATE	Type of control					DESIG-NATION	SYMBOL	INTERMEDIATE	Type of control				
				1	2	4	6	7				1	2	4	6	7
00				✓	✓	✓	✓	✓	28			✓	✓	✓	✓	✓
01				✓	✓	✓	✓	✓	32			✓	✓	✓	✓	✓
02				✓	✓	✓	✓	✓	33			✓	✓	✓	✓	✓

HYDRAULIC			
Max. pressure	port P , A & B port T	MPa MPa	32 16
Rated flow	(at $\Delta p$ 0,1MPa.)	l/min	11...20
Max. flow (depend of symbol-see page 6/17)		l/min	80
Hydraulic fluid-mineral oil:		mm <sup>2</sup> /s mm °C	10...800 0.025 -20...80

Fuente: (CAPRONI, 2013 págs. 3-5)

Las ventajas que ofrecen este tipo de electroválvulas para su selección es:

- Válvulas de control direccional 4/3 vías con operación de solenoide, construcción de alta resistencia.
- Bobinas de voltaje de CA y CC extraíbles.
- Rápido reemplazo y rotación en cualquier dirección sin fugas del sistema.
- Máximo control de la potencia hidráulica
- Superficie de montaje CETOP3 (NG6). (CAPRONI, 2013 pág. 1)

#### 4.1.3. Selección de la válvula check pilotada

Este tipo de válvula permite mantener el sistema libre de fugas internas al momento que empiece el funcionamiento del equipo, por esta razón dentro del sistema hidráulico es un elemento importante para considerar.



**Figura 3-4:** Válvula check pilotada

Fuente: (Bolev, 2016)

Para su elección tomamos en consideración los parámetros que se presenta en la tabla:

**Tabla 3-4:** Datos técnicos de la válvula check pilotada

型号 Model	DPOCV-G1/4-12L	DPOCV-G3/8-12L	DPOCV-G3/8-15L	DPOCV-G1/2-15L	DPOCV-G1/2-18L
最高压力 MPa	35	35	35	35	30
最大流量 L/min	20	20	50	50	80
面积比 Area ratio	1 : 4.5	1 : 4.5	1 : 4	1 : 4	1 : 4
开启压力 MPa	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
适用介质 Applicable Medium	液压油 Hydraulic Oil				
阀体材料 Valve Body Material	45#				

型号 Model	A	B	C	D	E	F	G	L	M	SW	d1	d2
DPOCV-G1/4-12L	115	68	G1/4 NPT1/4	38	7	7	40	30	13	24	12.3	M18×1.5
DPOCV-G3/8-12L	115	68	G3/8 NPT3/8	38	7	7	40	30	13	24	12.3	M18×1.5
DPOCV-G3/8-15L	139	80	G3/8 NPT3/8	40	8.5	15	50	40	16	27	15.3	M22×1.5
DPOCV-G1/2-15L	139	80	G1/2 NPT1/2	40	8.5	15	50	40	16	27	15.3	M22×1.5
DPOCV-G1/2-18L	163	90	G1/2 NPT1/2	40	8.5	15	60	40	20	30	18.3	M26×1.5

Fuente: (Bolev, 2016)

#### 4.1.4. Selección de la válvula reguladora de caudal

Este tipo de válvula permite el cierre con el fin de evitar el retorno del fluido al momento que entre en funcionamiento, además de la manipulación manual para controlar el paso de líquido.



**Figura 4-1:** Válvula reguladora de caudal

Fuente: (STAUFF, 2017)

En la tabla siguiente se selecciona el tipo de válvula dependiendo de la aplicación y el diámetro para la conexión en este caso serán de 1/4.

**Tabla 4-1:** Selección del tipo de Válvula con retorno

Type + Nominal Size	Thread Options G1	Dimensions (mm/in)										Weight (kg/lb)
		G2	H1	H2	H3	B1	ØD1	ØD2	S (Max.)	L1	L2	
DRV-06	G1/8 BSP 1/8 NPT	PG 7	64	59	18	16	24	13	3	45	26	0.10
			2.52	2.32	.71	.63	.94	.51	.12	1.77	1.02	.22
DRV-08	G1/4 BSP 1/4 NPT 7/16-20UNF (1/4" SAE)	PG 11	83.5	77.5	27	25	29	19	7	55	34	0.30
			3.29	3.05	1.06	.98	1.14	.75	.28	2.17	1.32	.66
DRV-10	G3/8 BSP 3/8 NPT 9/16-18UNF (3/4" SAE)	PG 11	90	83	32	30	29	19	7	65	41	0.45
			3.54	3.27	1.26	1.18	1.14	.75	.28	2.56	1.61	.99

Fuente: (STAUFF, 2017 pág. 93)

Los datos técnicos más importantes para la selección de este tipo de válvula son:

- Presión de apertura: 0,5 bar/7 PSI (4,5 bar/65 PSI disponible a petición)

- Presión máxima de trabajo: 350 bar / 5000 PSI
- Rangos de temperatura de funcionamiento: -20°C....+100°C

#### 4.1.5. Selección de la válvula reguladora

Este tipo de válvula se la utilizará para las pruebas de funcionamiento antes de montar en la máquina de termofluencia. El propósito principal de esta válvula será de simular la caída de presión dentro del sistema.



**Figura 5-4:** Válvula de aguja con regulación

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Dentro de las características más importantes que presenta esta válvula son:

- Construcción: Acero Inoxidable
- Presión máxima de trabajo: 410 bares (5946,5 psi)
- Temperatura de trabajo: -54°C a 250°C

#### 4.1.6. Selección del Transmisor de Presión

El transmisor de presión a utilizar será un SICK PBT el cual permite medir la presión en líquidos y gases. Este tipo de elemento es adecuado para aplicaciones industriales, sistemas hidráulicos, neumáticos, para sistemas de control de presión, bombas, etc.



**Figura 6-4:** Transmisor de presión SICK PBT

**Fuente:** (SICK Sensor Intelligence, 2009)

Seleccionamos este transmisor teniendo en cuenta a la presión de trabajo que puede emplearse como se observa en la tabla siguiente:

**Tabla 5-4:** Rango de presión del transmisor de presión

PBT							
Technical Data							
Measuring ranges	Unit	Pressure ranges	Overpressure safety	Burst pressure	Pressure ranges	Overpressure safety	Burst pressure
	bar	0..1	2	5	0..40	80	400
		0..1.6	3.2	10	0..60	120	550
		0..2.5	5	10	0..100	200	800
		0..4	8	17	0..160	320	1000
		0..6	12	34	0..250	500	1200
		0..10	20	34	0..400	800	1700
		0..16	32	100	0..600	1200	2400
		0..25	50	100			

Fuente: (SICK Sensor Intelligence, 2009 pág. 2)

Las ventajas que nos ofrece este elemento es:

- Excelente relación precio-rendimiento
- Sin partes móviles: sin mecánica desgaste, a prueba de fatiga
- Libre de mantenimiento
- Instalación rápida y simple
- Los rangos de presión de trabajo llega de 0 – 600 bares (0 – 8700 psi). (SICK Sensor Intelligence, 2009 pág. 1)

#### 4.1.7. Selección de accesorios de conexión

Para la selección de estos diferentes elementos tendremos en consideración que el diámetro a seleccionar será de ¼ de pulgada y la aplicación que deben tener es para alta presión con el fin de que cada elemento soporte la presión a la que trabajara el sistema hidráulico.

En la tabla siguiente se muestra todos los accesorios de conexión con la utilidad y la función que desempeñaran dentro del sistema.

**Tabla 6-4:** Accesorios de conexión

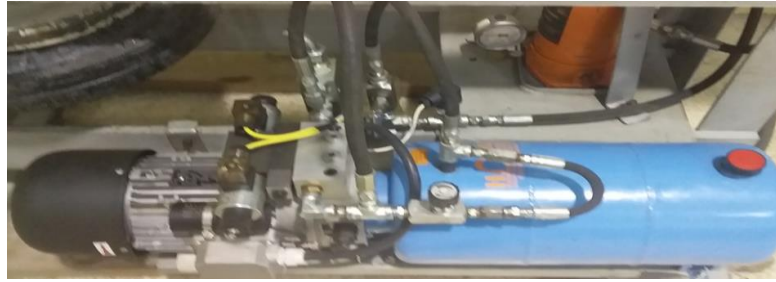
<b>ACCESORIOS</b>	<b>GRÁFICO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Codos</b>		Se instalan entre dos longitudes de tubería, con el fin de permitir el cambio de dirección dependiendo del propósito de ubicación.
<b>Tee</b>		Nos facilita la conexión entre tres elementos de tubería con el fin de facilitar las direcciones de distribución del fluido.
<b>Neplos</b>		Es un medio de sujeción y colocación de dos partes al momento de la conexión. Además facilita el retiro de cualquier pieza para revisión o cambio.
<b>Uniones</b>		Permite la unión entre dos elementos que se dirigen a la misma dirección y además es como un elemento de contacto al momento que se desee retirar la pieza para cambios.
<b>Mangueras hidráulicas</b>		Permite la circulación del fluido y es utilizado en sistemas hidráulicos de mediana presión. Su capacidad 5000 psi
<b>Acoples</b>		Nos permite aumentar la distancia o adaptar otro elemento.

Realizado por: Lema, César; Montoya Luis; 2018

#### **4.2. Armado completo de la unidad hidráulica**

Una vez seleccionado todos los elementos constitutivos para la unidad hidráulica tomando en cuenta la presión máxima a la que van a estar sometidos cada elemento, se procede a ensamblar definitivamente la central.

Se debe tener presente que cada elemento este bien ubicado y ajustado con el fin que no exista fugas del fluido dentro del sistema al momento de que entre en funcionamiento. En la figura siguiente se presenta como queda el sistema hidráulico una vez que se terminamos de colocar todos los elementos.

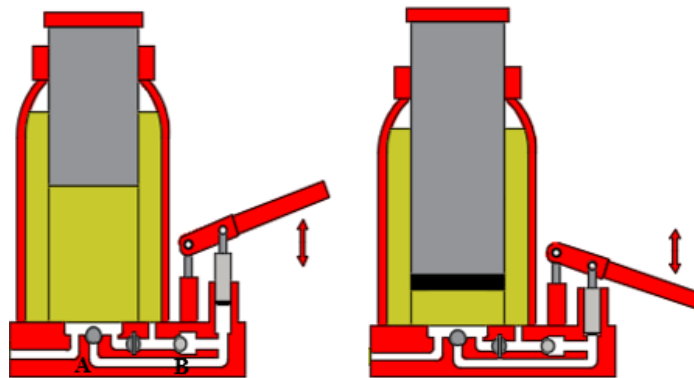


**Figura 7-4:** Armado de la Central Hidráulica

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 4.3. Control de presión del Elevador Hidráulico

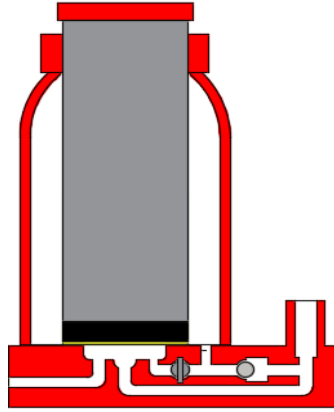
El elevador hidráulico contiene dos pistones o émbolos cada uno en su cilindro, un depósito de aceite hidráulico. El funcionamiento básico hace referencia al principio de la palanca, en donde al momento de elevar el pistón del cilindro menor una válvula check (B) se abre para que salga el líquido del depósito y al momento de bajar el cilindro hace que la válvula B se bloquee y se abra la válvula (A) para que ingrese líquido y eleve el cilindro mayor. Y para dejar de bajar el cilindro mayor se tiene que abrir la válvula mariposa.



**Figura 8-4:** Esquema de funcionamiento del elevador hidráulico

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Para realizar el mejoramiento, la automatización y adaptación del elevador hidráulico primeramente debemos tener presente el modo de funcionamiento, posteriormente lo que se procede hacer después es desarmar el elevador hidráulico y eliminar o retirar el pistón menor y a su vez también bloquear la válvula A con el fin de evitar que ingrese fluido por ese medio. Finalmente una vez realizado este proceso volvemos a ensamblarlo, y el elevador hidráulico queda constituido de la siguiente manera, como se muestra en la figura.



**Figura 9-4:** Esquema final del elevador hidráulico para adaptación

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.4. Adaptación del elevador hidráulico a la Central hidráulica

Una vez terminado con el proceso de mejoramiento y automatización del elevador hidráulico procedemos a la adaptación con la unidad hidráulica verificando que todos los elementos se encuentren correctamente conectados y apretados.



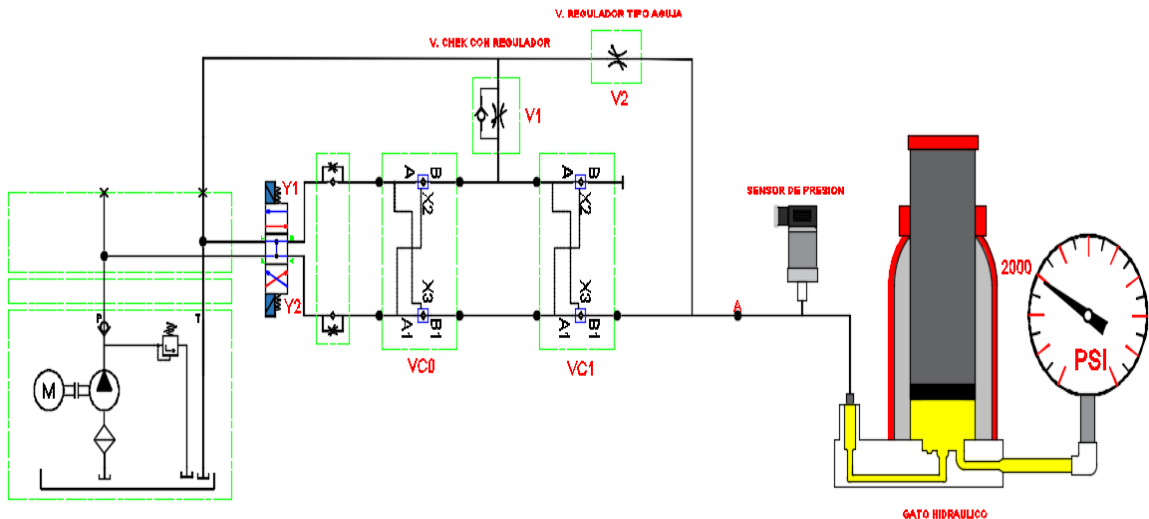
**Figura 10-4:** Adaptación del sistema hidráulico con el gato hidráulico

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.5. Diagrama de la Central hidráulica

Para entender de mejor manera el funcionamiento del sistema adaptado, se presenta el diagrama del circuito hidráulico con todos los elementos que lo componen.





**Figura 11-4:** Circuito hidráulico del sistema adaptado

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.6. Armado del tablero de control

Para el tablero de control se emplea los siguientes elementos que se mencionan a continuación:

- Gabinete metálico
- Canaleta plástica
- Riel DIN
- Breakers
- Fuente convertidor AC/DC
- Controlador PLC “LOGO”
- Contactor
- Relé térmico
- Relés
- Transformador de tensión
- Borneras
- Portafusiles
- Pantalla HMI
- Lámpara piloto
- Pulsadores
- Selectores

##### 4.6.1. Gabinete metálico

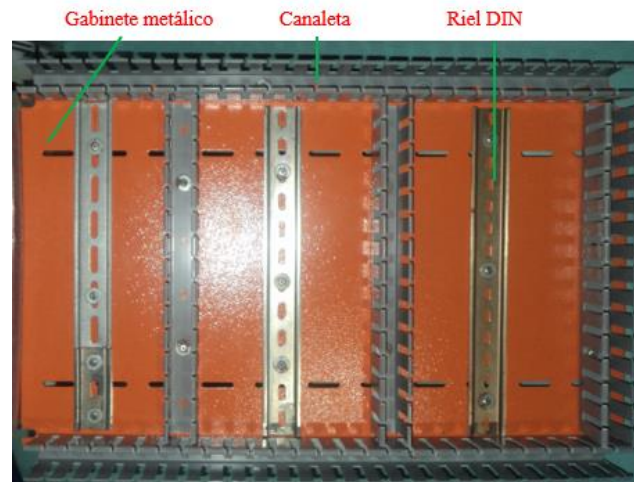
Es la cámara donde se colocaran todos los elementos constitutivos para armar el tablero de control. Sus dimensiones serán de 600x400x200.

##### 4.6.2. Canaleta plástica

Nos ayudará como protección y a la vez como enrutamiento del cableado eléctrico.

#### 4.6.3. *Riel DIN*

Será utilizado para el armado y el montaje de todos los elementos eléctricos.



**Figura 12-4:** Armado de canaleta y riel DIN

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.6.4. *Breakers*

Abre o a su vez interrumpe el circuito eléctrico cuando la intensidad de corriente excede un determinado valor establecido. En este caso utilizaremos dos Breakers:

- Breakers 2 polos 25 Amp
- Breakers 2 polos 3 Amp

#### 4.6.5. *Fuente convertidor AC/DC*

Transforma la corriente alterna en corriente continua, entrando 110V AC y generando 24 V DC y 5 Amp. El modelo a utilizar será DR-4524.

#### 4.6.6. *Controlador PLC "LOGO"*

Permite controlar y almacenar todas las secuencias o programaciones que se realice para el funcionamiento del sistema hidráulico. El LOGO que se utilizara es de 12/24 DC, 8 entradas / 8 salidas.



**Figura 13-4:** Armado Breakers, Fuente y PLC

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.6.7. *Contactor*

Utilizado para establecer o interrumpir el paso de la corriente, está relacionado y es indispensable para un motor eléctrico. Para esta aplicación se utilizara un Contactor LC1D25 bobina de 230 V AC.

#### 4.6.8. *Relé térmico*

Básicamente sirve como protección y da durabilidad al motor, impidiendo que funcione en calentamiento. Puede trabajar en corriente alterna y continúa.

#### 4.6.9. *Relés*

Permiten abrir, cerrar e interrumpir el paso de corriente eléctrica que esta accionado eléctricamente. El tipo de relés a utilizar será de 1 polo, bobina de 120 V AC.

#### 4.6.10. *Transformador de tensión*

Utilizado para aumentar o disminuir el voltaje dentro del sistema. En este caso será para reducir puesto que ingresara 220 V para transformarlo en una tensión baja como hasta 110V.



**Figura 14-4:** Armado Contactor, Relé térmico y transformador

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.6.11. Borneras

Es utilizado como un conector eléctrico, puesto que se conectaran y apretaran los cables para que tengamos una conexión más segura dentro del sistema.

#### 4.6.12. Porta fusibles

La instalación de este elemento es muy importante puesto que son excelentes para la protección de los cables.



**Figura 15-4:** Armado borneras y porta fusibles

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.6.13. Pantalla HMI

Esta pantalla permite observar los datos que se programe dentro del PLC, en este caso lo que proyectara será específicamente la presión de trabajo y el tiempo que se demora todo el ensayo.



**Figura 16-4:** Pantalla HMI

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.6.14. Luces piloto

Sirven como indicadores que nos permitirán verificar que el sistema esté funcionando: Bomba en marcha (VERDE), Bomba apagada (ROJO), Ensayo en marcha (NARANJA).

#### 4.6.15. Pulsadores

Permiten realizar la función que se desee dentro del ensayo en este caso será: Encender marcha de la bomba (VERDE), Apagar marcha de la bomba (ROJO), Iniciar ensayo (NEGRO), (NEGRO).

#### 4.6.16. Selectores eléctricos

Admiten seleccionar las diferentes operaciones que se desee realizar, es decir si deseamos colocar en el Modo Manual o Automático; en el modo manual nos permitirá subir y bajar el pistón del elevador hidráulico.



**Figura 17-4:** Armado de luces, pulsadores y selectores

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

En la siguiente figura se muestra el tablero de control armado y a su vez cableado completamente, listo para el funcionamiento y para la conexión con el sistema hidráulico.



**Figura 18-4:** Parte frontal del tablero de control

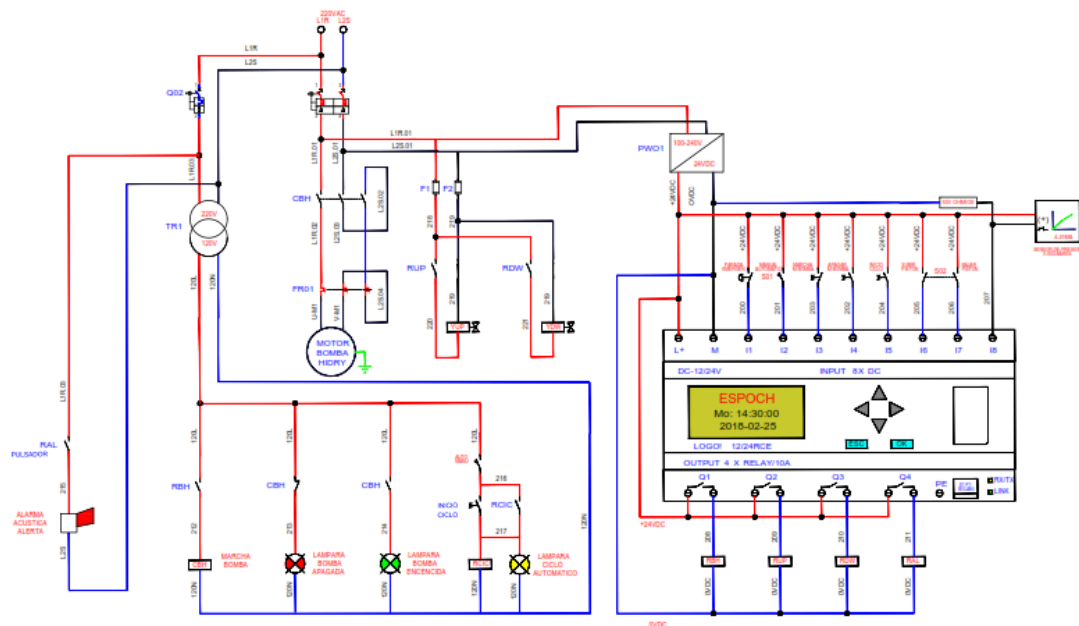
**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018



**Figura 19-4:** Parte interior del tablero de control  
**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.7. Circuito Eléctrico de la Central Hidráulica

La parte eléctrica es muy importante dentro del proyecto puesto que nos permite de una manera fácil, controlar todo el sistema. Para facilitar, comprender y entender de mejor manera el cableado y el funcionamiento del mismo, presentamos en la siguiente figura el circuito eléctrico completo, es decir de cómo se encuentra estructurado y armado todo el sistema.



**Figura 20-4:** Circuito eléctrico de la Central Hidráulica  
**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

## 4.8. Programación del Sistema

Una vez culminado con el armado tanto de la central hidráulica, del panel de control y a la vez con el cableado respectivo procedemos a la programación del sistema.

### 4.8.1. Equipos de control para el proceso

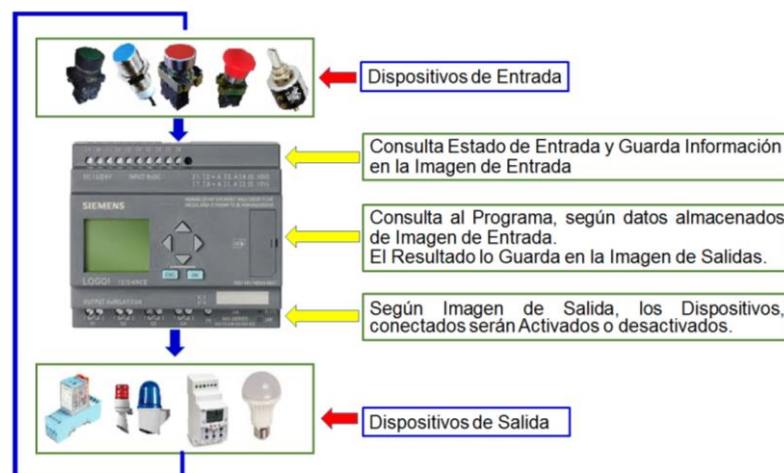
Para el control de todo el proceso vamos a tener en cuenta 3 elementos muy importantes:

- Controlador
- Software Logo Soft Confort V8.0
- Acondicionador analógico

#### 4.8.1.1. Controlador PLC LOGO OBA7

Es un controlador programable el cual nos permite sin ningún tipo de intervención humana, las maquinas o equipos funcionen y hagan su trabajo. Tener en cuenta que es necesario programar el LOGO para que pueda cumplir con las funciones específicas ya que de otra manera dicho elemento no haría nada.

Básicamente el funcionamiento sería: al LOGO se le da unos datos de entrada (Serie de Señales), las cuales deben ser procesadas dentro del programa, para que finalmente el LOGO nos proporcione datos de salida.



**Figura 21-4:** Funcionamiento de LOGO

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

A continuación presentamos algunas características importantes que se debe conocer acerca del controlador:

**Tabla 7-4:** Características del LOGO

Descripción	LOGO! 12/24RCE
Entradas	8
Puede usar en modo analógico	4 (0 a 10 V)
Suministro Tensión de entrada	12 a 24 VDC
Rango permitido	10.8 V a 28.8 VDC
Salidas	4; Relé
Corriente continua	10 A. con carga resistiva 3 A. con carga inductiva
Tiempo de ciclo	< 0.1 ms
Interruptores de tiempo integrados /reserva de marcha	Sí / Tipo 20 días
Cable de Conexión	2 x 1.5 mm <sup>2</sup> o 1 x 2.5 mm <sup>2</sup>
Temperatura Ambiente	0 a + 55 °C.
Temperatura de almacenamiento	- 40 °C a + 70 °C
Grado de protección	IP20
Dimensiones (W x H x D)	107 x 90 x 55 mm
Cable de programación	Ethernet

**Fuente:** (Siemens, 2016 págs. 338-340)

#### 4.8.1.2. *Software Logo Soft Comfort V8.0*

Este software nos permite programar y realizar programas para LOGO en el PC, además que se puede realizar módulos para cualquier tipo de LOGO.

#### 4.8.1.3. *Instalación Logo Soft Comfort V8.0*

Lo primero que hay que aclarar es que esta nueva versión Logo Soft V8.0 es compatible con todas las versiones de Windows desde XP tanto en su versión de 32 como 64 bits. Por otro lado, tendrás que tener instalado una versión previa de Logo Soft V8.0 para que sea una instalación definitiva. Si no tienes ninguna versión, podrás bajarte e instalar una versión de prueba de la versión V8.0.



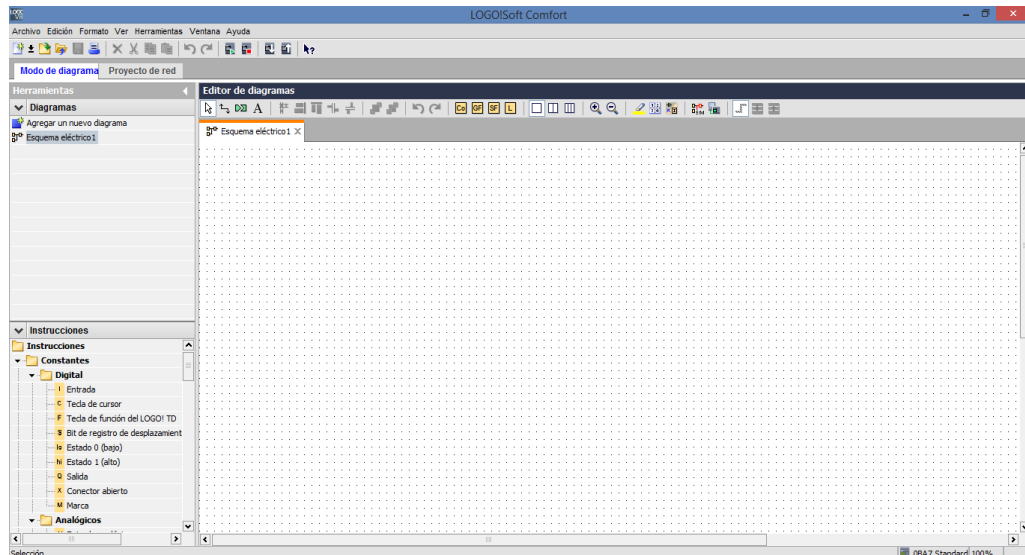
**Figura 22-4:** Icono de LOGO

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018



#### 4.8.1.4. Configuración Logo Soft Comfort V8.0

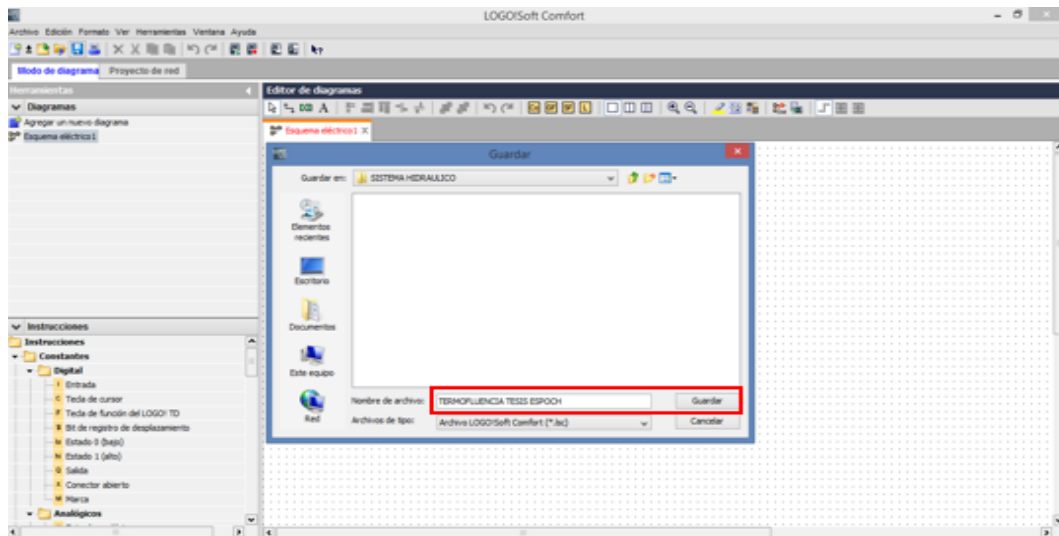
- Para establecer las configuraciones de los dispositivos para el proyecto ejecutamos el software instalado previamente, el mismo que nos llevara a la ventana inicial, en donde empezaremos a realizar cualquier tipo de programación que deseemos.



**Figura 23-4:** Pantalla de inicio de LOGO

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

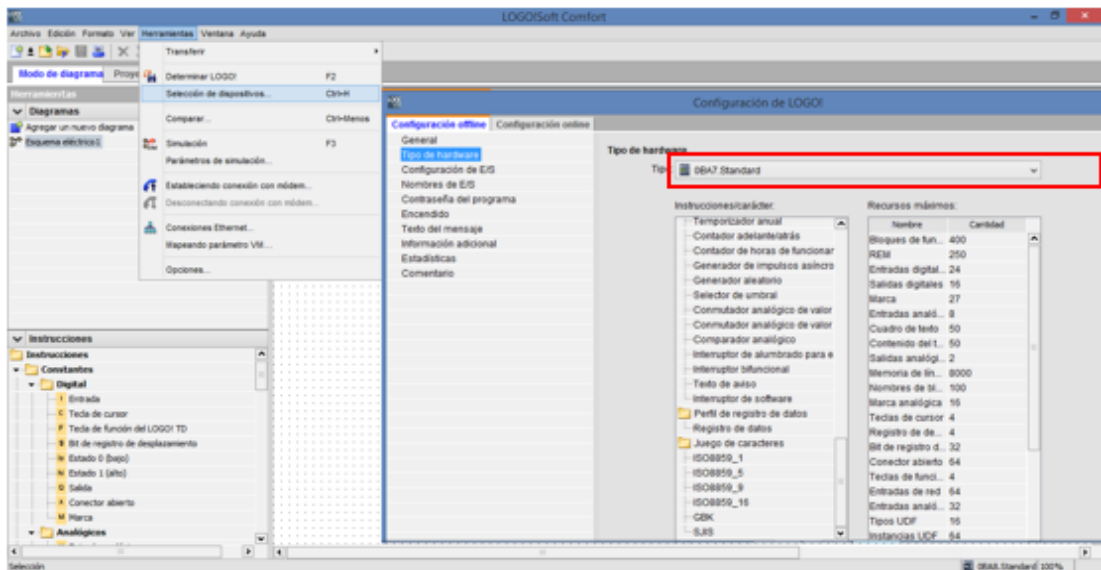
- Seleccionamos la carpeta de ubicación del Archivo y damos un nombre que identifique al proyecto y lo guardamos.



**Figura 24-4:** Guardar archivo en LOGO

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

- Selección del tipo de Controlador para el proyecto, dependerá del tipo de LOGO que vayamos a ocupar en nuestro trabajo.

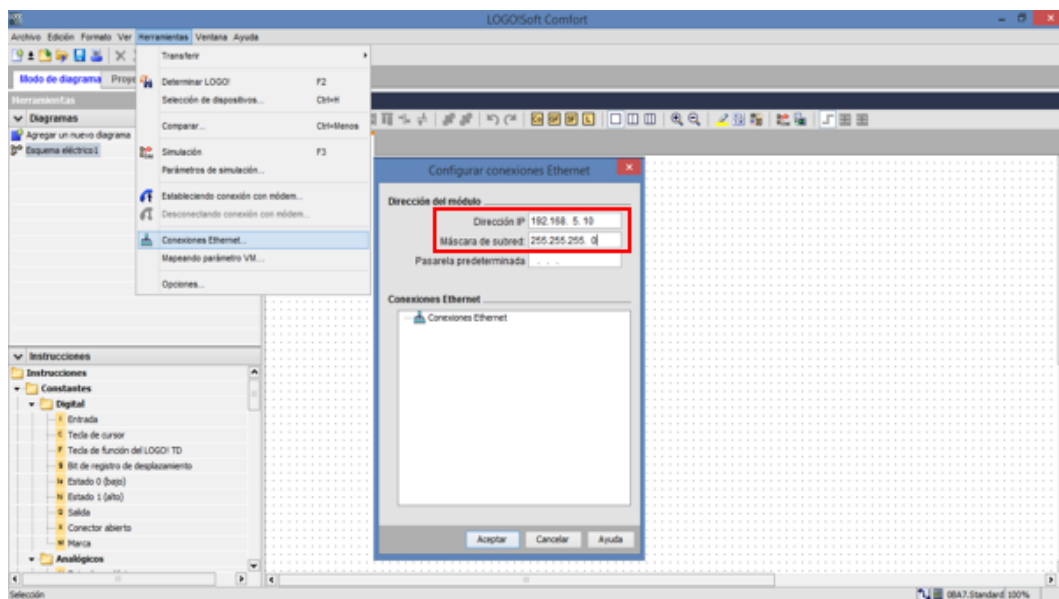


**Figura 25-4:** Selección del tipo de LOGO

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

- Configuración de la Red para la comunicación PLC / PC, aquí se define:
  - ✓ La dirección IP del equipo
  - ✓ La máscara de sub-red.

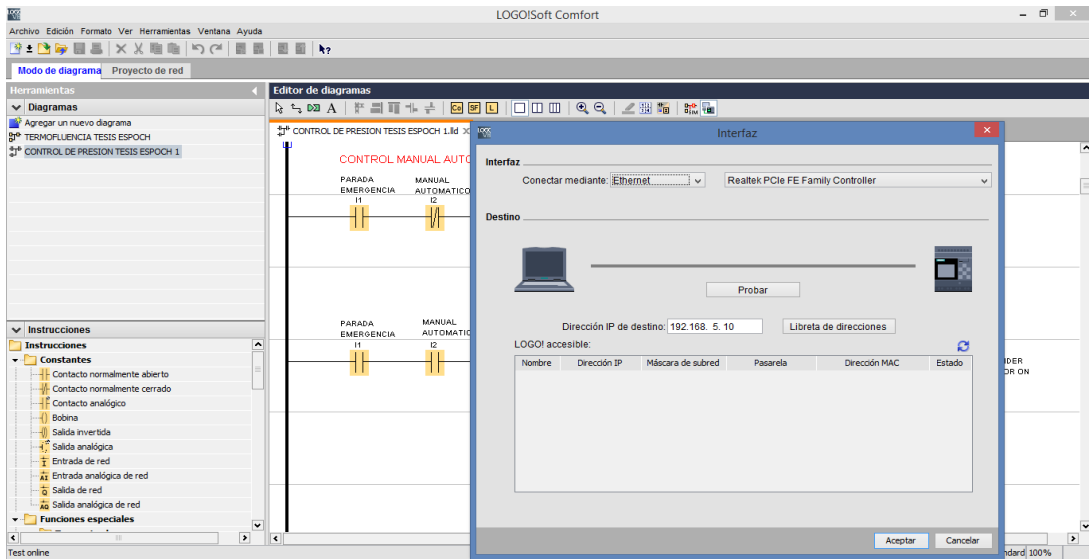
La del de la PC y el controlador debe ser la misma.



**Figura 26-4:** Configuración de la red de comunicación

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

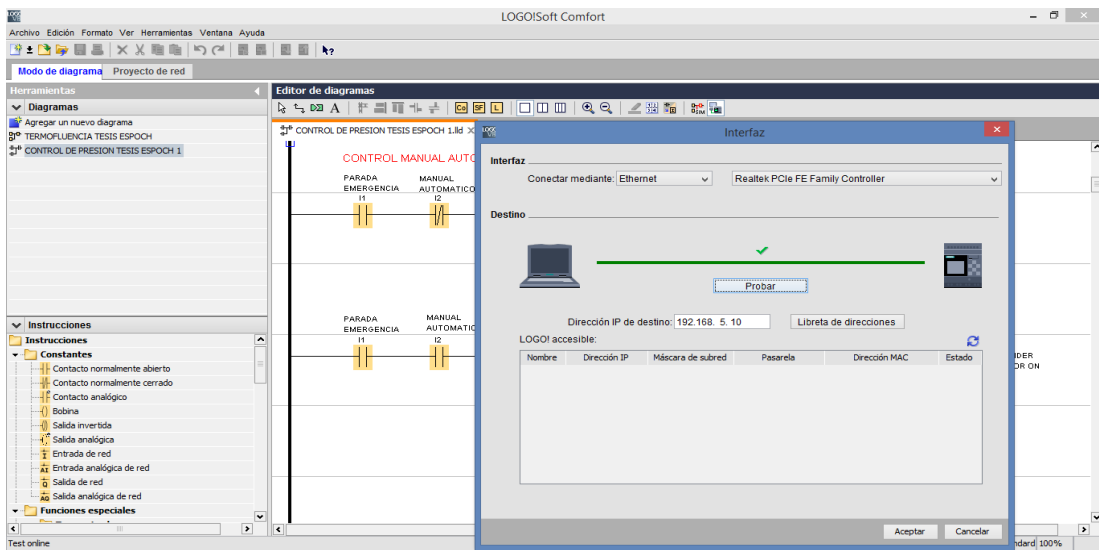
- Verificación de la comunicación entre el controlador y la PC o PG. Paso 1.



**Figura 27-4:** Verificación de la comunicación en LOGO

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

- Verificación de la comunicación entre el controlado y la PC o PG. Paso 2.

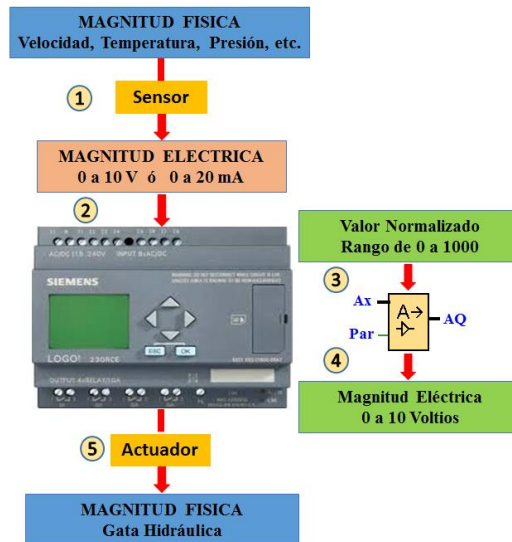


**Figura 28-4:** Verificación de la comunicación final en LOGO

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

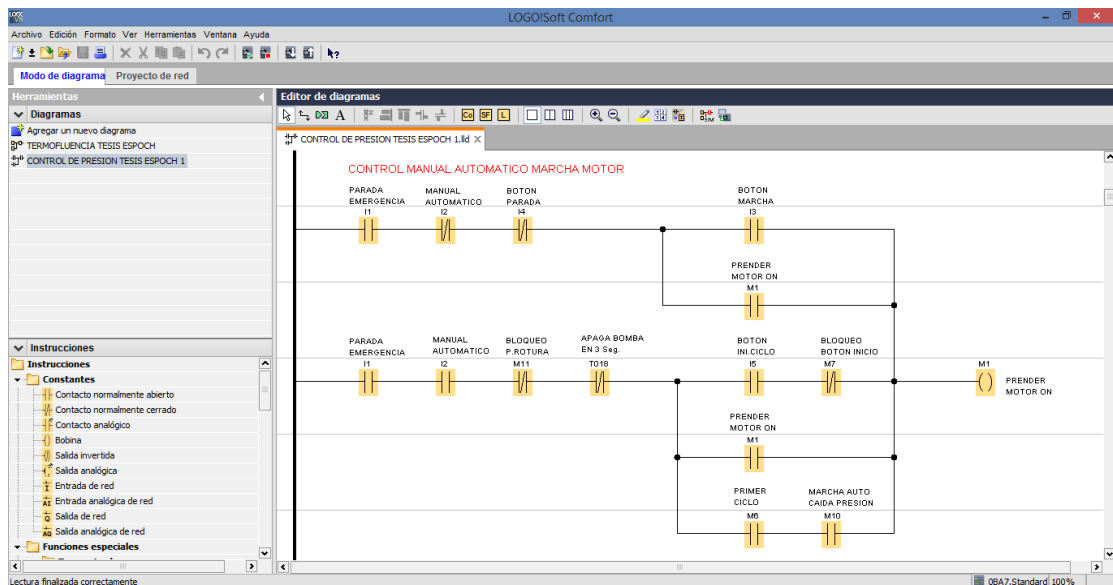
## 4.9. Diseño del Programa

Para el diseño del programa, definimos el proceso de señal análoga que recibirá el controlador, desde el sensor o transductor de presión, que será la base para el control de la presión.



**Figura 29-4:** Diseño del programa  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Una vez diseñadas las señales analógicas que recibirá, procedemos con el diseño del programa para el control de todo el equipo con la ayuda del Software.

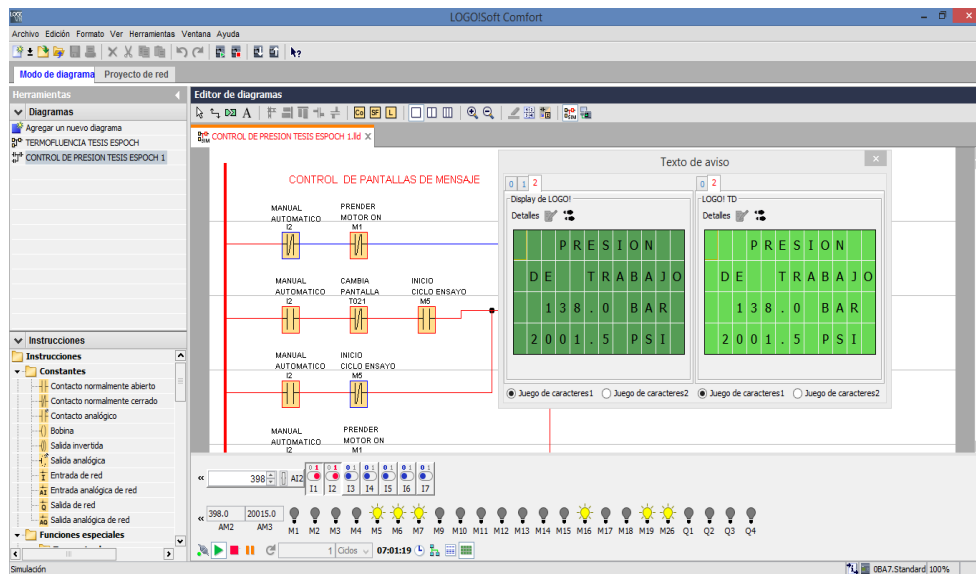


**Figura 30-4:** Diseño del programa mediante el software  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.10. Simulación de funcionamiento

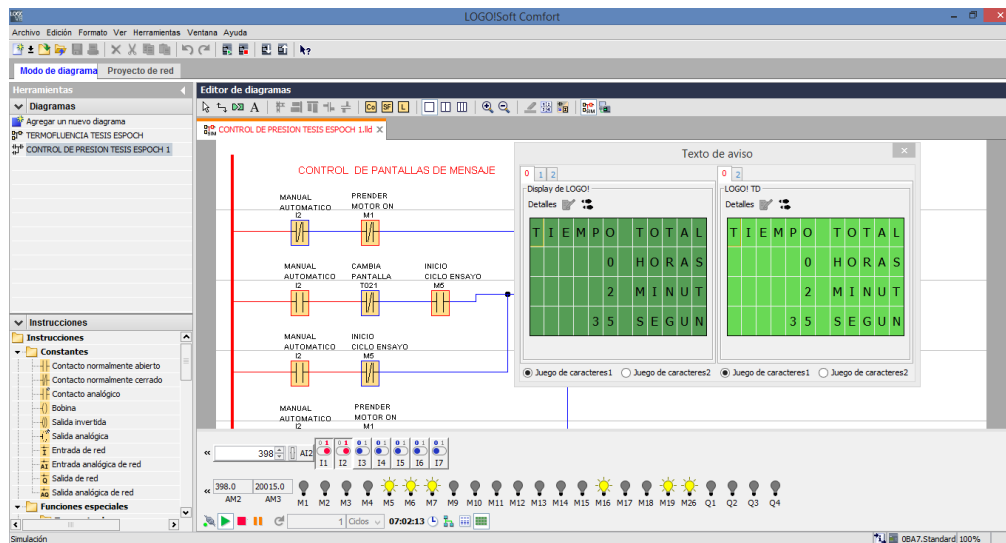
Antes de cargar al programa desde la PC hasta el controlador, este software nos permite realizar una simulación de funcionamiento, para poder corregir errores, en este caso realizaremos:

- Simulación Control de Presión.



**Figura 31-4:** Simulación control de presión  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

- Simulación Control de Tiempo Total de Ensayo.

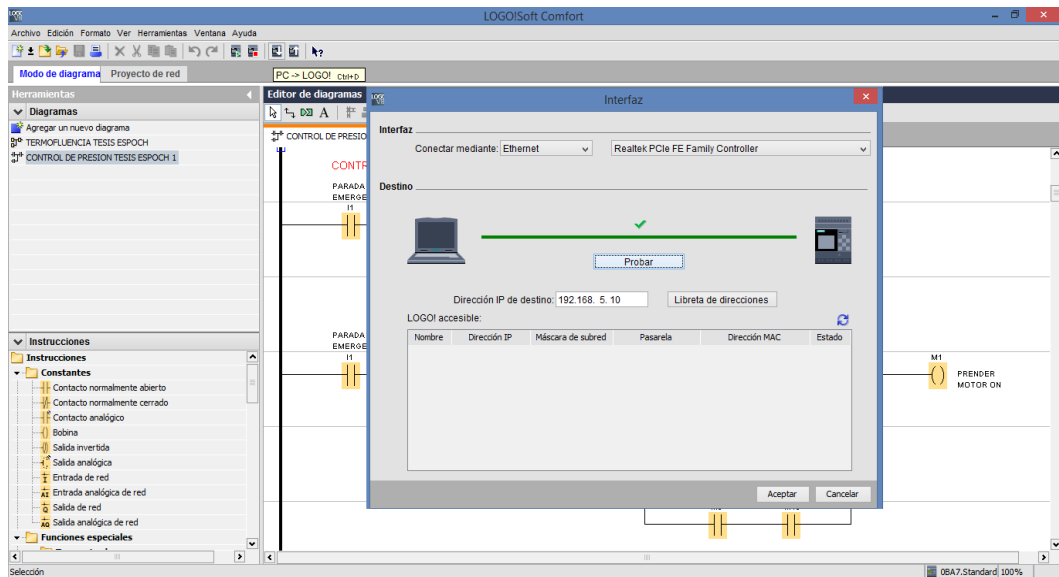


**Figura 32-4:** Simulación control tiempo total de ensayo  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.11. Carga o Transferencia

Verificado que el programa no tenga errores, se procede a realizar la carga o transferencia del programa, desde la PC o PG hacia el controlador.

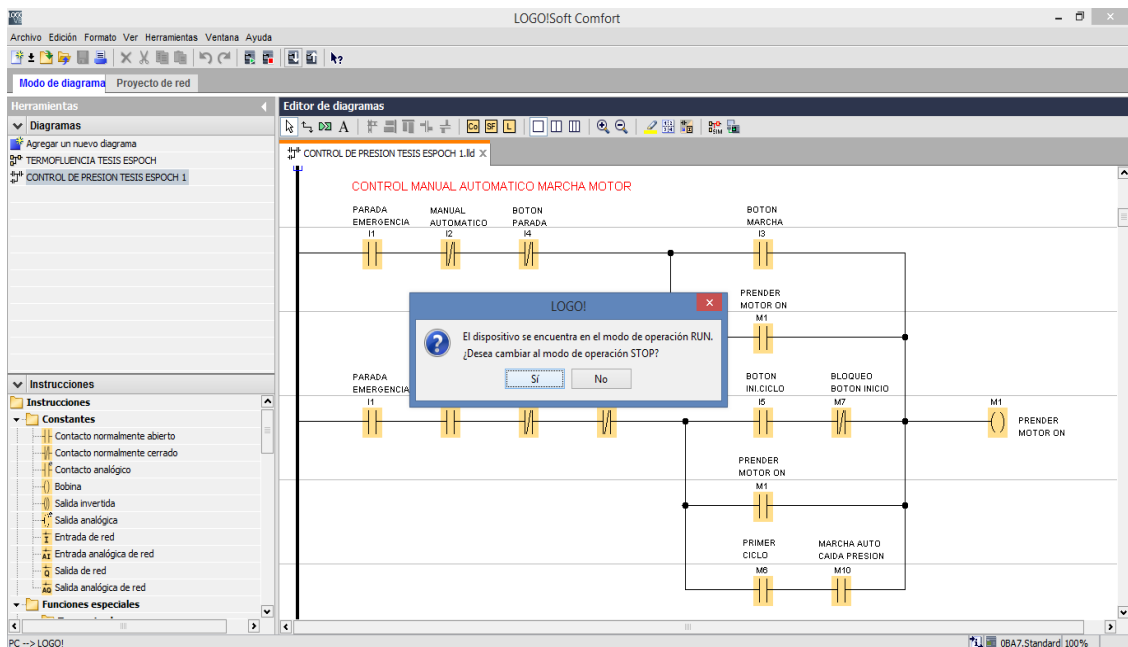
- Paso 1: Elegir desde donde va a realizar la transferencia y probar la conexión de Red.



**Figura 33-4:** Carga de información al PLC

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

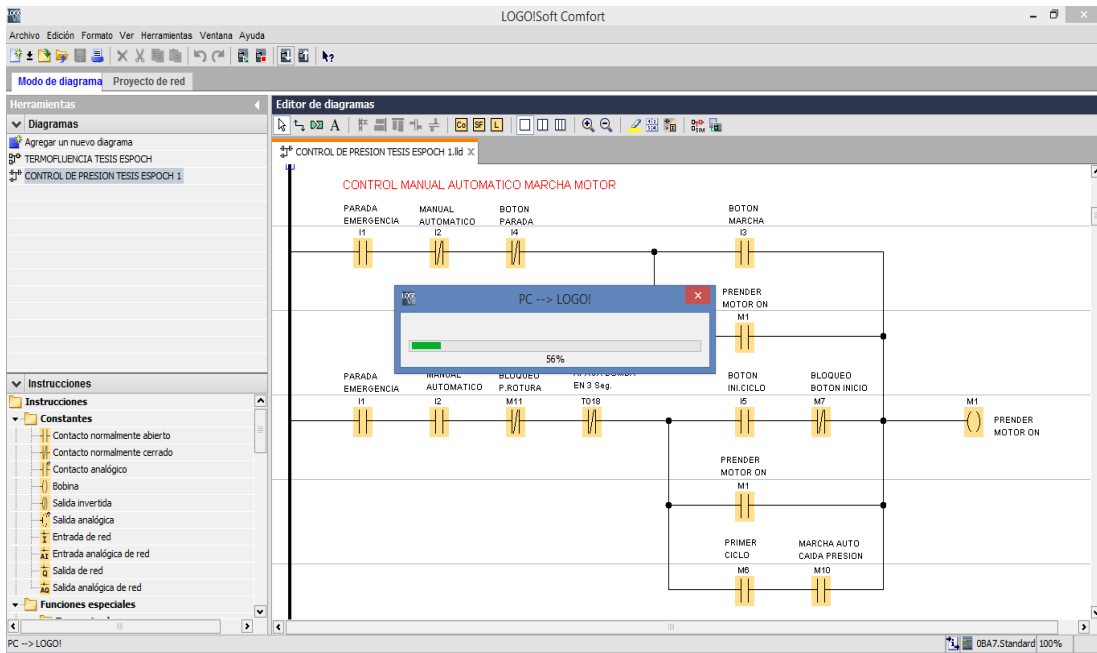
- Paso 2: Verificado la conexión de red, aceptamos para que inicie la carga o transferencia.



**Figura 34-4:** Verificación de la carga del programa

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

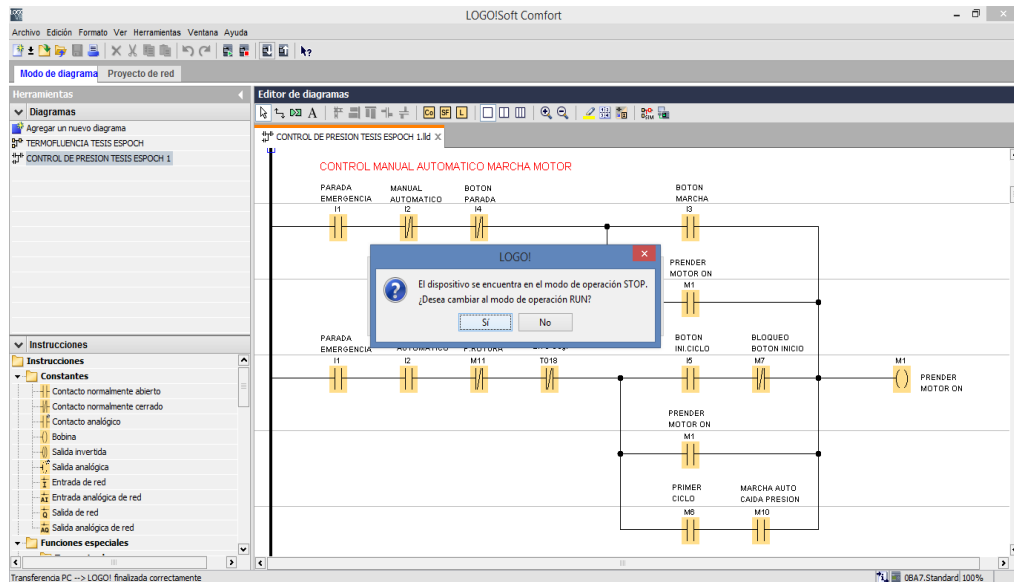
- Paso 3: Confirmamos Aceptar para que continúe el proceso de transferencia.



**Figura 35-4:** Inicio de la carga del programa al PLC

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

- Paso 4: Confirmamos Presionando “SI” para que el controlador se Inicie y se encuentre listo para realizar el control específico del proyecto.



**Figura 36-4:** Confirmación modo de operación del PLC

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.12. Detalle de la Programación almacenada en el controlador

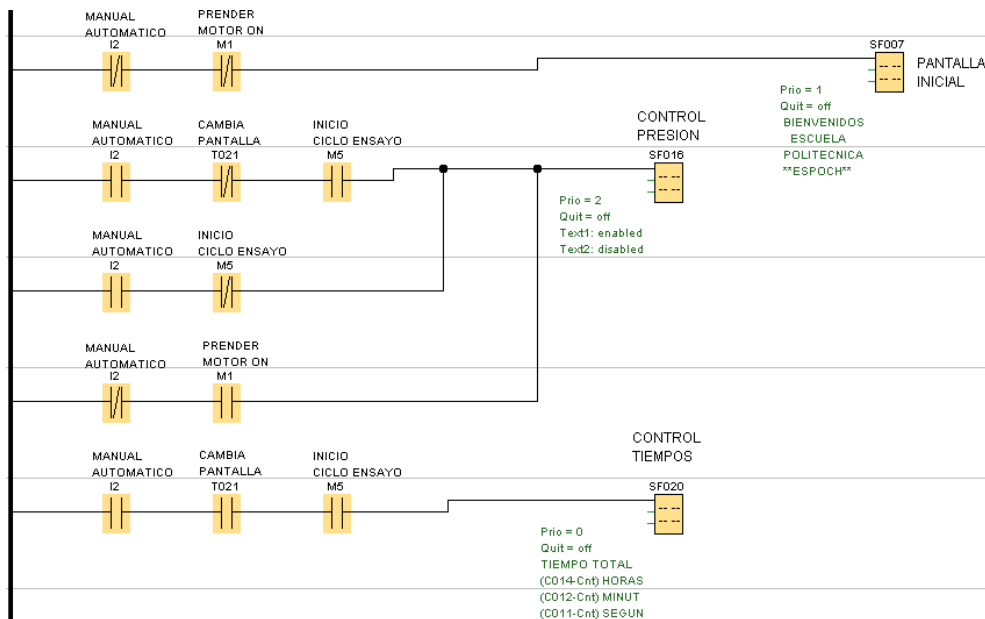
Para el diseño del programa lo que se realiza primeramente es: definir las principales variables a utilizar como entradas y salidas del Controlador.

**Tabla 8-4:** Definición de variables a utilizar

Variable	Descripción
I1	Botón Pulsador Parada Emergencia
I2	Selector “S1” Manual / Automático
I3	Pulsador Marcha Motor
I4	Pulsador Parada Motor
I5	Pulsador Inicio Ciclo Automático
I6	Selector “S2A” Subir Pistón
I7	Selector “S2B” Bajar Pistón
I8	Sensor Análogo de Presión
Q1	Salida Motor Marcha
Q2	Salida Válvula Subir Pistón
Q3	Salida Válvula Bajar Pistón
Q4	Salida Alarma

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

##### 4.12.1. Control de Pantalla Logo TD

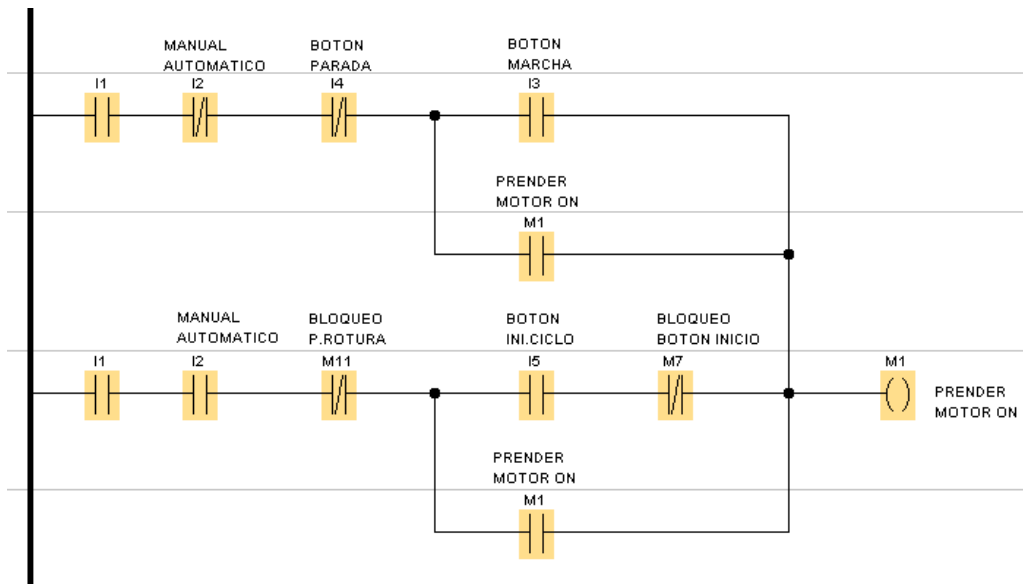


**Figura 37-4:** Control de Pantalla Logo TD

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

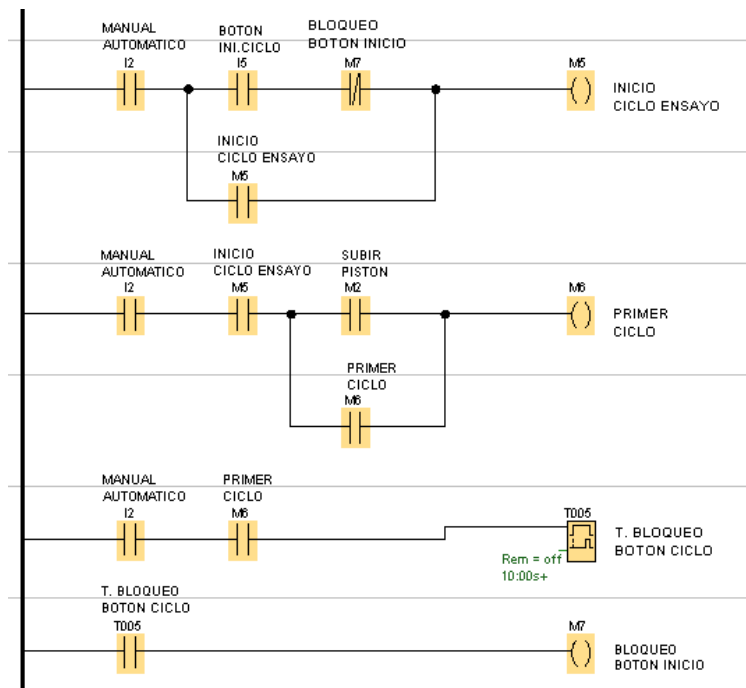


### 4.12.2. Control Marcha Manual Automático Motor Bomba



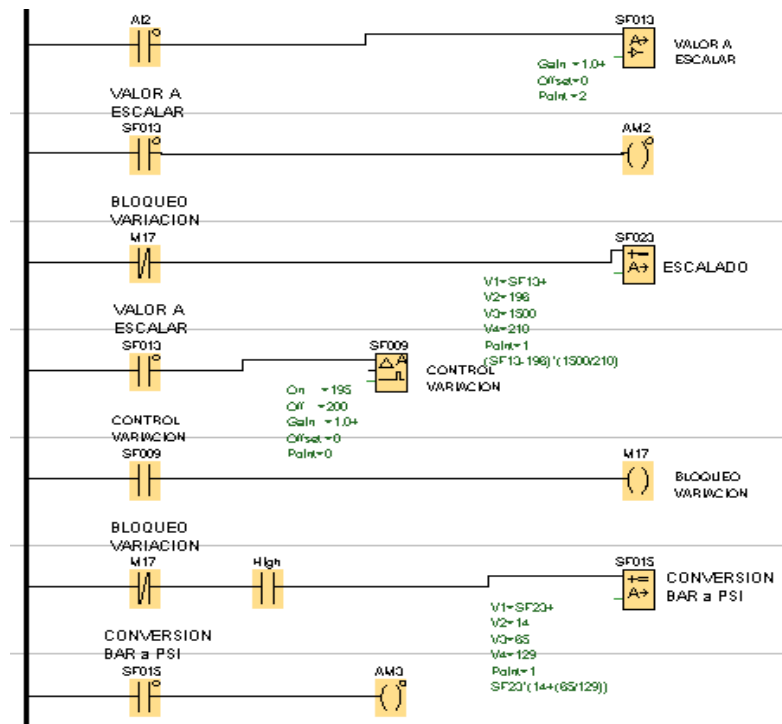
**Figura 38-4:** Control marcha manual automático Motor bomba  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 4.12.3. Control Marcha Ciclo Automático



**Figura 39-4:** Control marcha ciclo automático  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.12.4. Control Escalado Lectura Transductor de Presión



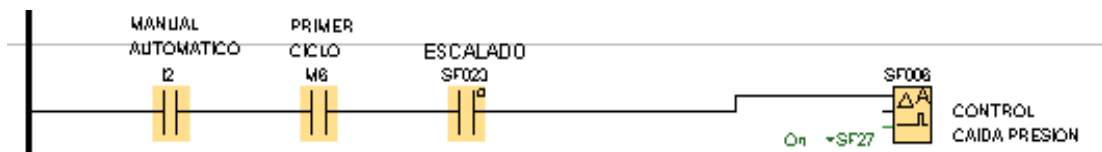
**Figura 40-4:** Control escalado lectura transductor de presión  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

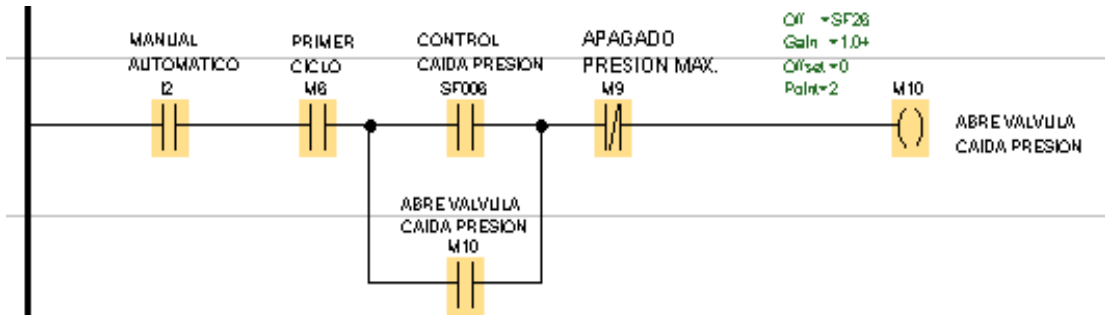
#### 4.12.5. Control de Presión Máxima



**Figura 41-4:** Control de presión máxima  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.12.6. Control Caída de Presión Mínima

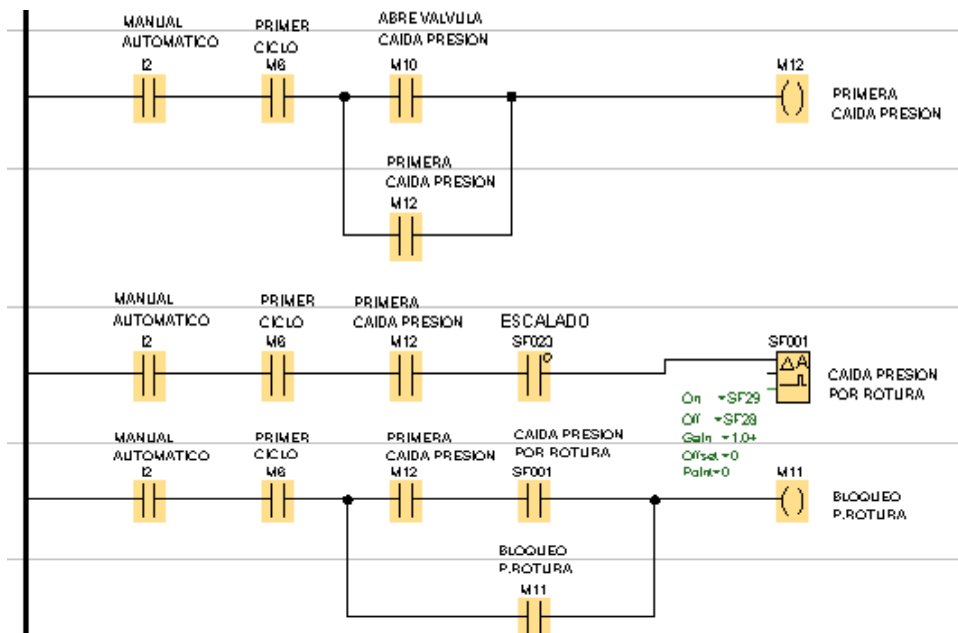




**Figura 42-4:** Control de presión mínima

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

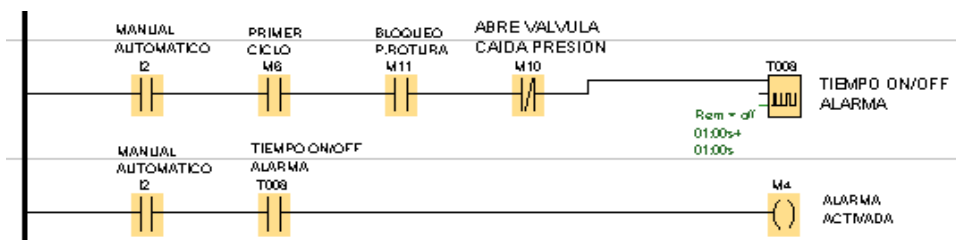
#### 4.12.7. Control Caída de Presión Máxima



**Figura 43-4:** Control caída de presión máxima

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

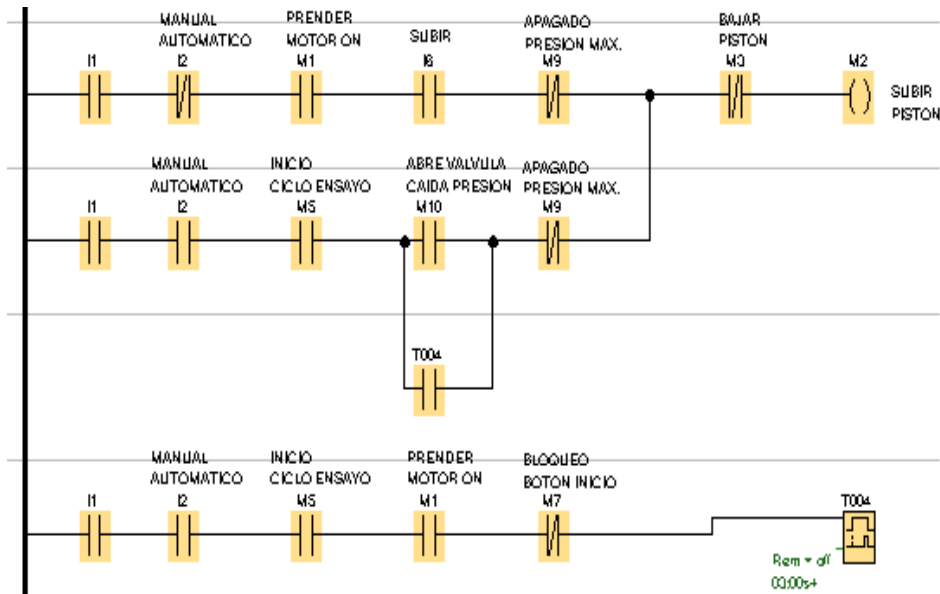
#### 4.12.8. Control de Alarma por Caída de Presión Máxima



**Figura 44-4:** Control de alarma por caída de presión máxima

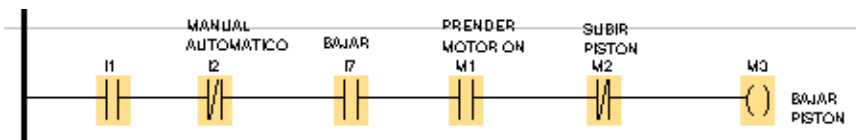
Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.12.9. Control Subida del Pistón



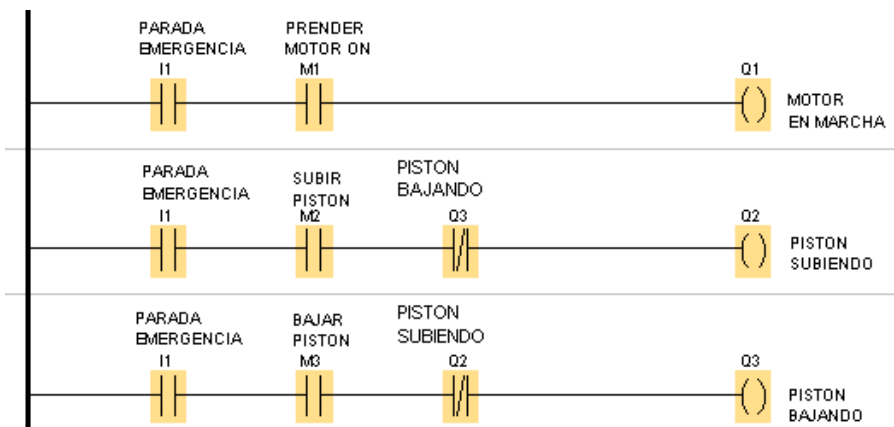
**Figura 45-4:** Control subida del pistón  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.12.10. Control Bajada del Pistón



**Figura 46-4:** Control bajada del pistón  
 Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.12.11. Control Activación Desactivación Salidas del PLC

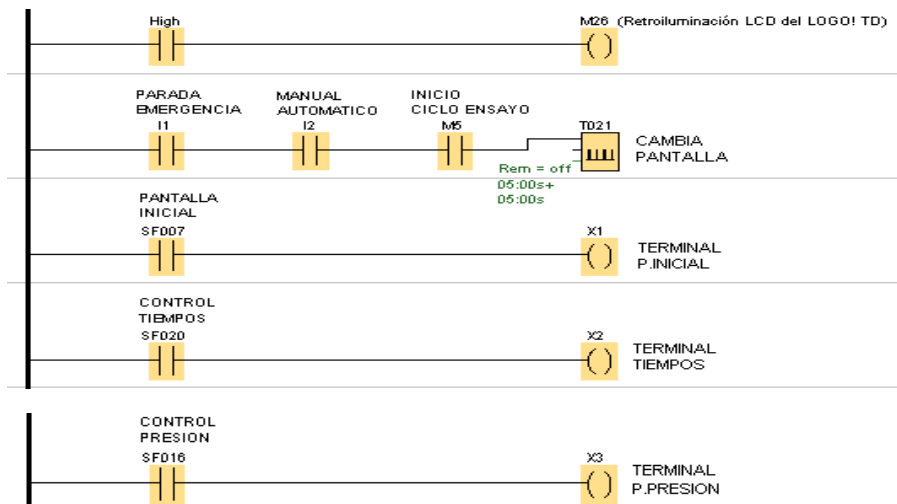




**Figura 47-4:** Control activación/desactivación salidas de PLC

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

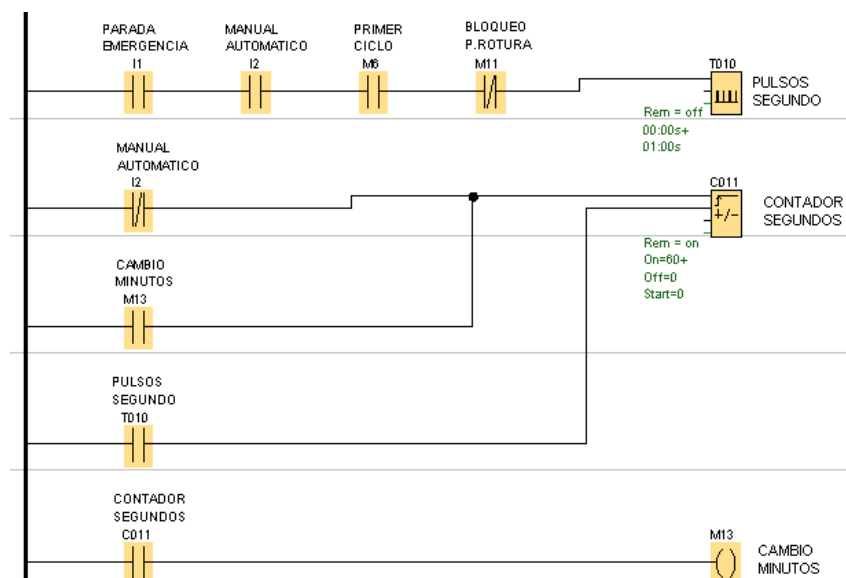
#### 4.12.12. Control Vista Alternada de las Pantallas Presión y Tiempo



**Figura 48-4:** Control vista alternada de las pantallas presión/tiempo

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

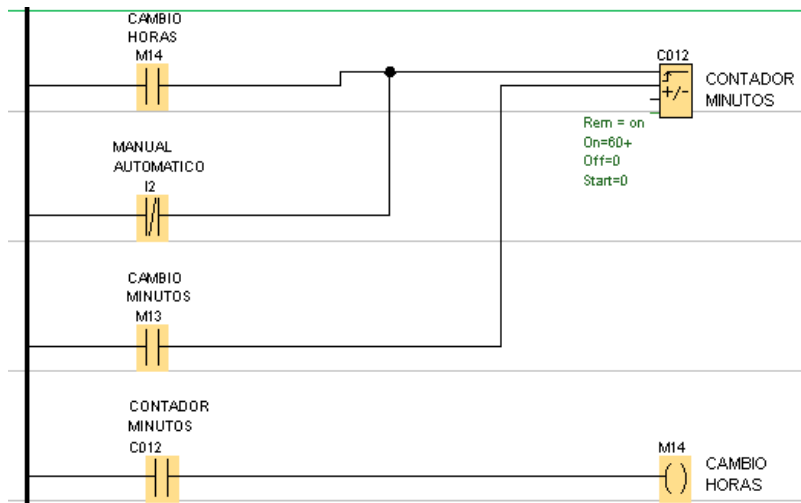
#### 4.12.13. Control Contador Tiempo en Segundos



**Figura 49-4:** Control contador tiempo en segundos

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

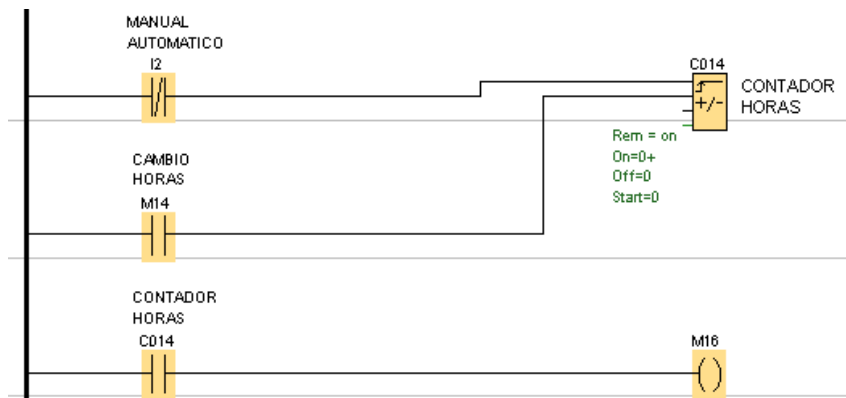
#### 4.12.14. Control Contador Tiempo en Minutos



**Figura 50-4:** Control contador tiempo en minutos

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

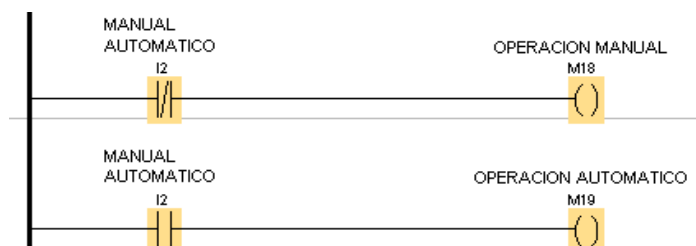
#### 4.12.15. Control Contador Tiempo en Horas



**Figura 51-4:** Control contador tiempo en horas

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

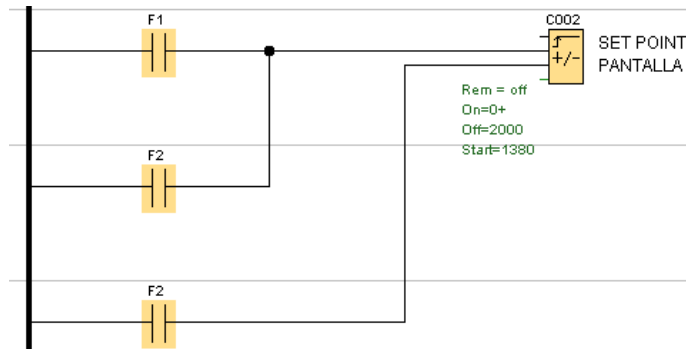
#### 4.12.16. Control Modo de Operación Manual / Automático



**Figura 52-4:** Control modo de operación manual/automático

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

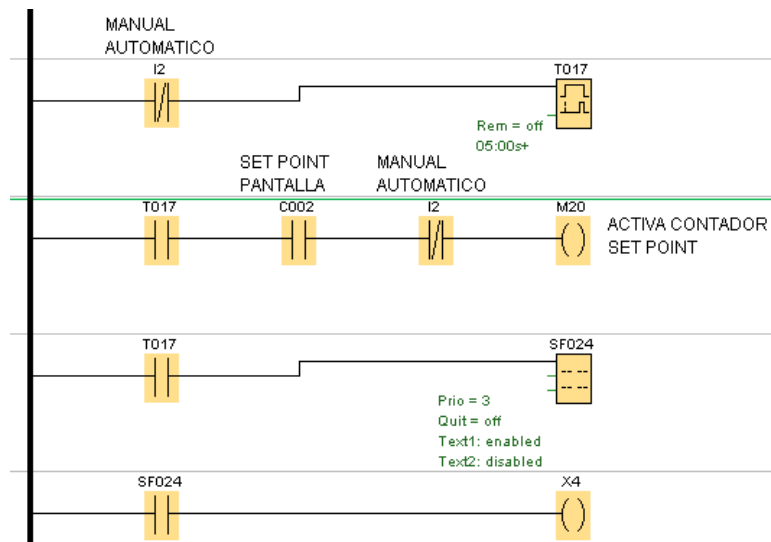
4.12.17. *Fijación de Presión de Trabajo*



**Figura 53-4:** Fijación de presión de trabajo

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

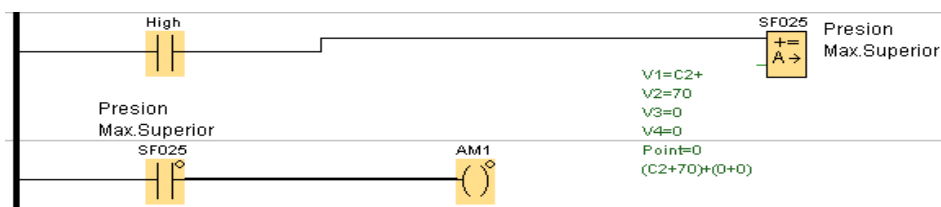
4.12.18. *Pantalla fijar Presión*



**Figura 54-4:** Pantalla fijar presión

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

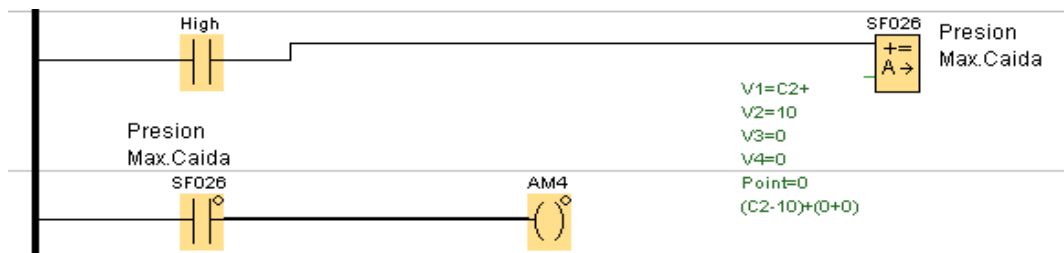
4.12.19. *Cálculo Stop Presión Máxima*



**Figura 55-4:** Cálculo stop presión máxima

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

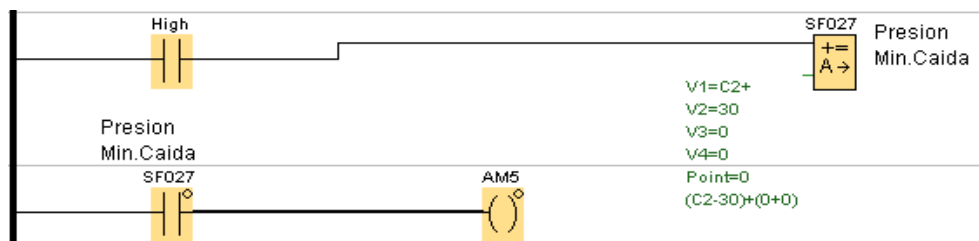
#### 4.12.20. Cálculo caída de Presión Máxima



**Figura 56-4:** Cálculo caída presión máxima

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

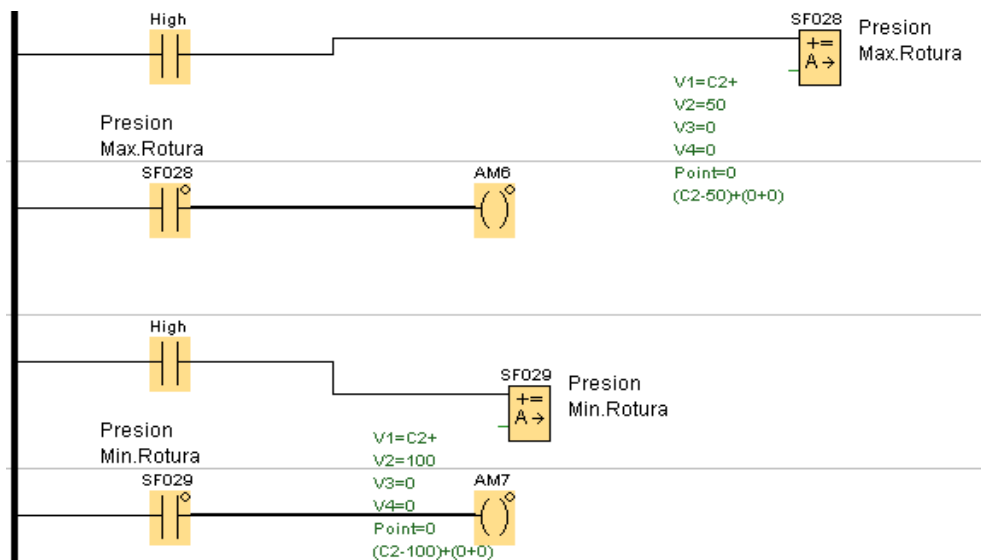
#### 4.12.21. Cálculo caída de Presión Mínima



**Figura 57-4:** Cálculo caída de presión mínima

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

#### 4.12.22. Cálculo caída de Presión por Rotura



**Figura 58-4:** Cálculo caída de presión mínima

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Fin del programa.



## CAPÍTULO V

### 5. MONTAJE, ADAPTACIÓN CON LA MÁQUINA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA MANTENER LA PRESIÓN CONSTANTE

Una vez culminado con el armado de todo el sistema hidráulico y la programación completa de las acciones a efectuar, procedemos a realizar pruebas antes del montaje definitivo en la máquina de ensayos de termofluencia.

#### 5.1. Pruebas preliminares antes de la instalación

Dentro de este apartado lo que se realizó es la verificación del sistema, con el fin de observar el funcionamiento una vez culminado con los demás procesos de armado de los diferentes equipos.

##### 5.1.1. Pruebas de la Central hidráulica

Se realiza la revisión de funcionamiento de la central hidráulica ya acoplada con el elevador hidráulico. En la siguiente figura se observa el funcionamiento del sistema, el elevador hidráulico está dentro de un soporte reforzado, el cual será el encargado al momento de elevarse, de retener la carga e impedir que suba con facilidad para que la presión que se emplee se pueda observar con la ayuda del manómetro.



**Figura 1-5:** Pruebas preliminares de la central hidráulica

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Posteriormente se procede a identificar la función que desempeñara cada elemento dentro del sistema y la regulación de los elementos que lo requieran. A continuación en la tabla siguiente se muestra todos estos aspectos.

**Tabla 1-5:** Análisis de los elementos del sistema

ELEMENTO	FUNCIÓN	OBSERVACIÓN
<b>Electroválvula 4/3 con centro abierto</b>	Es un interruptor que será la encargada de abrir y cerrar para el paso del fluido.	
<b>Válvula check pilotada</b>	Bloquea el fluido para que el pistón del gato hidráulico se mantenga fijo.	Exceso de presión puede romper los sellos
<b>Válvula reguladora de caudal</b>	Controlar el bajado del pistón del gato hidráulico.	Su regulación se lo realiza en una proporción suficiente para que el fluido que se encuentre en el cilindro regrese al tanque.
<b>Válvula de aguja con regulación</b>	Simular la caída de presión en las pruebas previas antes de la implementación.	
<b>Transmisor de presión</b>	Recoge datos de flujo para compararlos con los del manómetro.	

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Como algo importante a considerar es que todos estos elementos del sistema tienen un tiempo de respuesta de 100 milisegundos, puesto que a cualquier imprevisto los elementos deben actuar instantáneamente tanto en transmisión o bloqueo.

### 5.1.2. Pruebas del tablero de control

Se tiene que verificar si el funcionamiento de la programación es correcta, observando que el sistema funcione con todos los parámetros establecidos. En la siguiente figura se observa el tablero en funcionamiento, el cual nos muestra los datos de la presión de trabajo y el tiempo que transcurre durante el ensayo, esto nos indica si el funcionamiento de la central es adecuada.



**Figura 2-5:** Pruebas preliminares del tablero de control

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Finalmente lo que se pretende es igualar los datos que muestra la pantalla con el manómetro, para esto lo que se hace es escalar valores aproximados dentro del programa para tratar de equilibrar los valores digitales y físicos.

Una vez terminado con las correcciones y lo más importante con el escalado dentro del programa, realizamos las respectivas pruebas. Las pruebas se realizaron aproximadamente durante 10 días seguidos, observando los parámetros y a su vez si el funcionamiento era correcto, es decir que la presión se mantenga constante y si existe caída de presión la central actué hasta equilibrar la presión. La presión esta medida en bares y programada con una tolerancia de +/- 2.



**Figura 3-5:** Tiempo de las pruebas de funcionamiento  
**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

A continuación se muestra los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento de todo el sistema en condiciones normales.

**Tabla 2-5:** Tabla de datos experimentales

HORAS DE FUNCIONAMIENTO	PRESIÓN (Bares)	PRESIÓN (PSI)
16 horas	137	1987
32 horas	138	2002
52 horas	153	2219
77 horas	153	2219
100 horas	157	2277
124 horas	158	2292
184 horas	138	2002
206 horas	138	2002
244 horas	147	2132

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

## 5.2. Montaje de la central hidráulica en la máquina de termofluencia

Para el montaje de la central hidráulica, primeramente debemos tener en cuenta los soportes para la central y el tablero de control.

- **Soporte para la central hidráulica:** Este soporte permite asegurar y fijar la central hidráulica para que no exista ningún tipo de deslizamiento al momento de poner en funcionamiento y empezar con la realización de los ensayos. Las dimensiones son acorde a la central hidráulica para que se adapte de mejor manera.



**Figura 4-5:** Soporte para la central hidráulica

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

- **Soporte para el tablero de control:** Este soporte ayuda a la colocación de la base del tablero de control, manteniéndolo fijo y de esta manera poder operar de una manera más cómoda y sin ningún problema.



**Figura 5-1:** Soporte para el tablero de control

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 5.2.1. Montaje del elevador hidráulico

El montaje se lo realiza con cuidado en la máquina de termofluencia, asegurando que se encuentre fijo, apretado para que al momento de entrar en funcionamiento se mantenga estable y realice un correcto funcionamiento.



**Figura 6-5:** Montaje del elevador hidráulico

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### **5.2.2. Montaje de la central hidráulica**

La central hidráulica hay que adaptarla primeramente al soporte construido, con la finalidad de asegurarla para que no tienda a moverse o vibrar al momento que entre en funcionamiento y además poder adaptarla con facilidad en la máquina de termofluencia.



**Figura 7-5:** Montaje del soporte a la central hidráulica

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Una vez realizado esto, procedemos a la colocación de la central hidráulica en un espacio que sea fácil de revisar y manipular. Además que pueda ser conectada con el elevador hidráulico ya instalado dentro de la máquina de termofluencia.



**Figura 8-5:** Montaje la central hidráulica

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 5.2.3. Montaje del tablero de control

Una vez seleccionado el lugar donde se colocará el tablero de control dentro de la máquina de termofluencia, procedemos a instalar y conectar los respectivos cables que permitirán el funcionamiento del sistema.



**Figura 9-5:** Montaje del tablero de control

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Una vez culminado con la instalación y montaje de todos los elementos, en la siguiente figura presentamos todo el sistema implementado y adaptado a la máquina de ensayos de termofluencia.

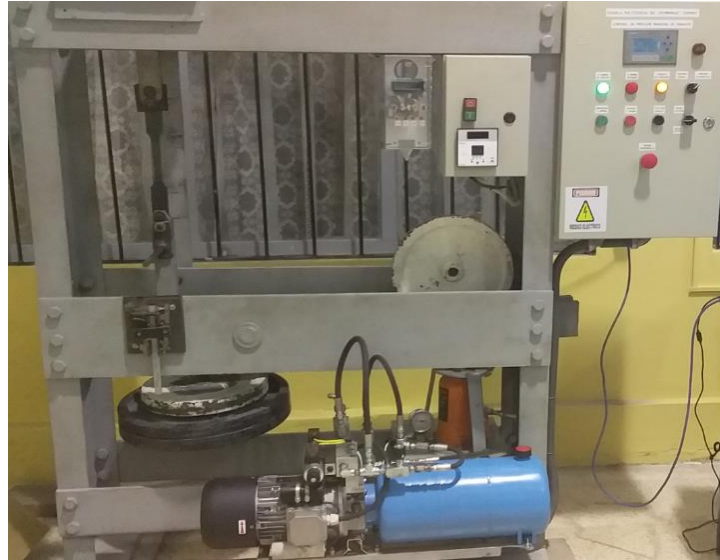


**Figura 10-5:** Instalación final del sistema hidráulico

**Realizado por:** Lema, César; Montoya, Luis; 2018

### 5.3. Pruebas de funcionamiento final del Sistema hidráulico

Una vez instalado todo el sistema se procede a las respectivas pruebas de funcionamiento finales, es decir con la colocación de la probeta en la máquina, y finalmente la utilización del sistema hidráulico tanto en modo manual como automático.



**Figura 11-5:** Pruebas de funcionamiento final de sistema hidráulico

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

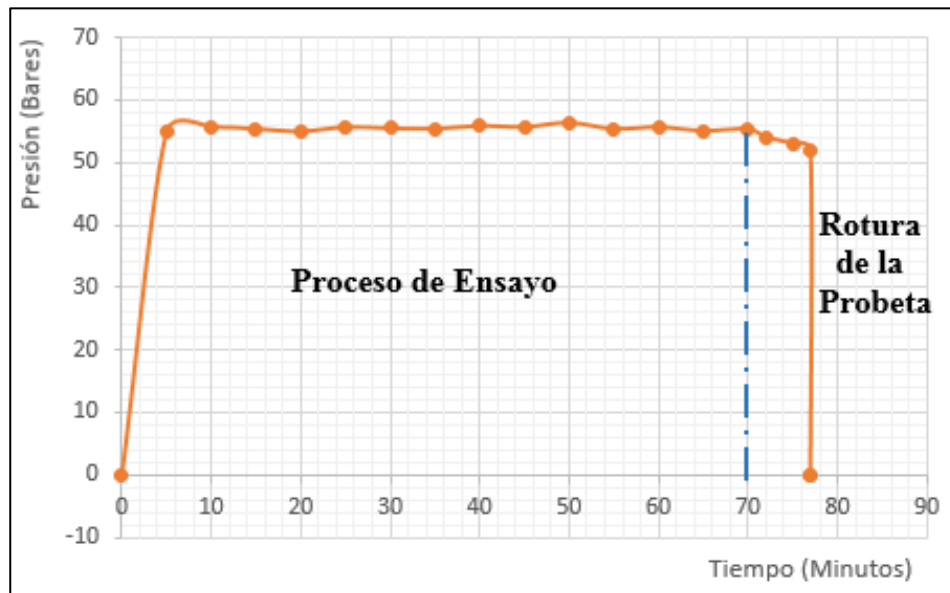
El proceso de prueba en la máquina de termofluencia se lo realizó a una temperatura de 600°C y un esfuerzo de 55,4 bares (800 psi aproximadamente). A continuación se detalla los datos obtenidos durante el ensayo, en el que se refleja que la probeta ensayada se mantuvo a esfuerzo de tracción constante con una tolerancia de +/-2, hasta el instante de la rotura.

**Tabla 3-5:** Datos obtenidos durante el ensayo

Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)	Presión (bares)	Presión (psi)
10	600	55,7	807,8
20	602	55,0	707,7
30	597	56,4	818,0
40	600	57,1	828,6
50	598	56,4	818,0
60	598	55,7	807,8
70	601	57,1	828,6
77	600	53,1	770,15

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

En el gráfico siguiente se muestra la curva Presión vs Tiempo, con el fin de visualizar el proceso que se realizó y los cambios que ocurrió durante todo el ensayo, mostrando de esta manera que el esfuerzo se mantuvo constante hasta el momento de rotura de la probeta manteniéndose en los rangos establecidos.



**Gráfico 1-5:** Curva Presión vs Tiempo

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Dentro del análisis se observa que la presión tiene cierta variación durante el proceso de ensayo, pero se mantiene en los rangos de tolerancia impuestos, para lo cual se va realizar el cálculo de errores para verificar el error porcentual de los datos tomados durante el ensayo.

Calculamos el valor promedio:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n}{N}$$

$$\bar{x} = \frac{55,7 + 55 + 56,4 + 57,1 + 56,4 + 55,7 + 57,1 + 53,1}{8}$$

$$\bar{x} = 55,8$$

Posteriormente vamos a calcular el error absoluto (e):

$$e = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + |x_3 - \bar{x}| \dots + |x_n - \bar{x}|}{N}$$



$$e = \frac{|55,7 - 55,8| + |55 - 55,8| + |56,4 - 55,8| + |57,1 - 55,8| + |55,7 - 55,8| + |57,1 - 55,8| + |53,1 - 55,8|}{8}$$

$$e = 0,9375$$

Luego vamos a calcular el error relativo (E):

$$E = \frac{e}{\bar{x}}$$

$$E = \frac{0,9375}{55,8} = 0,0168$$

Finalmente obtenemos el error porcentual el cual nos da:

$$E\% = E * 100$$

$$E\% = 0,0168 * 100 = 1,68\%$$

En base a la norma E-139, los rangos a considerar son: dependiendo de los límites a la cual se trabaje es decir si la temperatura es  $\leq 1000^{\circ}\text{C}$  la diferencia será de  $\pm 2$  y si es mayor a  $1000^{\circ}\text{C}$  será de  $\pm 5$ , entonces en nuestro caso lo realizado es aceptable puesto que se trabajó en un rango de  $600^{\circ}\text{C}$ .

#### **5.4. Verificación de los requerimientos**

En el capítulo de selección de la mejor alternativa, consideramos parámetros que se requerían traducidos en la voz del usuario, mientras que el ingeniero los traduce en requerimientos técnicos. Una vez culminado con la implementación del sistema hidráulico y la realización de las respectivas pruebas de funcionamiento, procedemos a determinar si se ha cumplido con lo establecido en la matriz QFD.

##### **5.4.1. Verificación de los requerimientos del cliente**

Las condiciones o requerimientos solicitados por el cliente o usuario para este proyecto se verifican en la siguiente tabla:

**Tabla 4-5:** Verificación de requerimientos del usuario

Requerimientos del usuario	Cumple	No cumple
Sistema eficiente	X	
Seguro	X	
Funcionamiento automático	X	
Fácil montaje	X	
Fácil de operar	X	
Fácil mantenimiento	X	
Funcionamiento con energía eléctrica	X	
Software entendible por el usuario	X	
Bajo costo		X
Ergonomía	X	

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Una vez analizada la tabla, se observa que se llegó a cumplir con los requerimientos impuestos y solicitados por parte del usuario, verificando todos los parámetros desde el instante que se implementa el sistema hasta la duración el proceso de ensayo.

#### 5.4.2. Verificación de la voz del ingeniero

Los resultados obtenidos y la presentación por parte del ingeniero se verifica en la tabla siguiente, además una observación en el caso de existir.

**Tabla 5-5:** Verificación de la voz del ingeniero

Voz del ingeniero	Cumple	No	Observaciones
Sistema de control	X		
Diseño del software	X		Revisar los planos
Algoritmo de control	X		Revisar programación
Intercambiabilidad de elementos	X		
Interfaz de usuario	X		Revisar guía de manejo y funcionamiento
Periodos de mantenimiento	X		
Suministro de energía	X		
Genere información durante el ensayo	X		Presenta información de presión de trabajo y duración de ensayo
Límite de costo final	X		
Ergonomía	X		

Realizado por: Lema, César; Montoya, Luis; 2018

Una vez analizada la tabla, se observa que se cumple con los requerimientos técnicos impuestos, verificando todos los parámetros de control y funcionamiento desde el instante que se implementa el sistema hasta la duración del proceso de ensayo. Teniendo en cuenta ciertas observaciones importantes antes de hacer uso del sistema.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

Se logró automatizar un elevador hidráulico para mantener la presión constante en la máquina de ensayos de termofluencia, esto nos permite mejorar el funcionamiento de dicho elevador puesto que ahora se lo operara de una manera automática dentro de los ensayos.

Efectivamente la alternativa seleccionada con un factor de ponderación de 0,401, la cual consta como elementos principales PLC Logo, unidad hidráulica, nanómetro y elevador hidráulico resultó funcional, en vista de que cumplió con el objetivo propuesto que es de mantener la presión constante, comprobando su funcionamiento en un tiempo de 10 días.

Los elementos seleccionados del sistema hidráulico para mantener el esfuerzo de tracción constante trabajan eficientemente con un factor de servicio de 1,25; puesto que en las industrias estos factores se toman en consideración para que los elementos puedan soportar sobrecargas intermitentes y ocasionales.

La prueba de funcionamiento contempló un período de duración de 1 hora 20 minutos aproximadamente, con la finalidad de verificar el funcionamiento del sistema hidráulico implementado, lo cual nos permitió observar que la presión se encuentre en los rangos establecidos, el error no supere el 2% y que al momento de la rotura del material la alarma se activara y el sistema se bloqueara automáticamente concluyendo con el ciclo de ensayo.

Las guías de laboratorio, manual de operación, mantenimiento y seguridad están elaboradas en base a los formatos existentes dentro de los laboratorios de la Escuela, las cuales serán de gran ayuda para los estudiantes de Ingeniería Mecánica, ya que serán capaces de comprender de mejor manera el fenómeno de termofluencia.

## **6.2. Recomendaciones**

Se recomienda realizar ensayos de termofluencia con diferentes rangos de presión a una misma temperatura con el fin de observar el comportamiento micro estructural de un material.

Revisar cuidadosamente la tabla de presiones, para poder observar la presión de trabajo deseada y proceder a setear el valor en la pantalla HMI antes de la realización del ensayo, así como también leer los manuales de operación y mantenimiento previo a su utilización.

Se recomienda difundir la información de este trabajo al gremio industrial y profesional para que tome como pauta inicial a la hora de automatizar sistemas en los que se requiera controlar la presión.

Se recomienda realizar la adquisición de datos de las variables utilizadas en el ensayo de termofluencia como son la carga de tensión y la temperatura, para poder observar gráficamente su comportamiento durante el ensayo.

## BIBLIOGRAFÍA

**I.E.S. Martínez Uribarri.** *Neumática e Hidráulica*. [En línea] 02 de Abril de 2014. [Citado el: 10 de Agosto de 2018.] <https://es.slideshare.net/amartind11/hidraulica-y-neumatica-4-eso>.

**Aciles, P.** *Manual de Ingeniería*. [aut. libro] History Channel. Documental Ingeniería Hidráulica. 2000, pág. 342.

**Aeron, J.** *Oleohidraulica, Circuitos Hidráulicos*. [En línea] 2015. [Citado el: 04 de Mayo de 2018.] <http://www.ing.unlp.edu.ar/aeron/laclyfa/Carpetas/Catedra/Archivos/Hidraulica%20A.pdf>.

**Almandoz, J, Mongeloz, B y Pellejero, I.** *Sistemas neumáticos y oleohidráulicos*. [En línea] Escuela Universitaria Politécnica, 2007. [Citado el: 06 de Mayo de 2018.] <https://makrodidactica.files.wordpress.com/2014/08/oleohidraulica.pdf>.

**Alvarez, G.** *Manual de hidráulica*. [ed.] O Ortiz. 2003.

**Amazon.es.** *Manómetro de alta presión*. [En línea] 2014. [Citado el: 11 de Agosto de 2018.] <https://www.amazon.es/Man%C3%B3metro-alta-presi%C3%B3n-Marca-BALFLEX/dp/B00FA31TVG>.

**Askeland, Donald.** *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Tercera. s.l. : Thomson, 2009.

**Belló, M.** *Circuitos fluidos Suspensión y dirección*. s.l. : Paraninfo, 2011.

**Bolev.** *Dual Pilot Operating Check Valve*. [www.bolev-hydraulics.com](http://www.bolev-hydraulics.com). [En línea] 07 de Julio de 2016. [Citado el: 29 de Agosto de 2018.] <http://www.bolev-hydraulics.com/uploads/146794638101.pdf>.

**BUÑAY, Angel y MOROCHO, Carlos.** *Diseño, Cosntrucción y Pruebas de una máquina para realizar ensayos de tracción en cuerdas de fibras sintéticas*. Riobamba : s.n., 2015.

**CAICEDO, Isaías.** *Estudio del Efecto de Termofluencia sobre el hierro fundido gris perlítico como material alternativo y su incidencia en la degradación microestructural en espejos de la cámara de combustión de los hornos industriales para pan*. Ambato : s.n., 2014.

**Calderón, C.** *Sílabo de Oleohidráulica y neumática*. [En línea] 2018. [Citado el: 11 de Mayo de 2018.]

**CAPRONI.** *Directional Control Valves CETOP3*. [En línea] 31 de Enero de 2013. [Citado el: 29 de Agosto de 2018.] <https://www.caproni.bg/common/pdf/DCVC3-1%20%20RH06...-...F...ENGLISH%20var%20Jan%202013.pdf>.

**Castillo, Juan.** *Iniciación a los Automatas Programables.* Revista de Electricidad, Electrónica y Automática. [En línea] 22 de Octubre de 2006. [Citado el: 10 de Agosto de 2018.] <http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/automatas/auto2.htm>.

**Chavolla, F, Nava, T y Rodríguez, J.** *Análisis de fiabilidad técnica y propuesta de operación del sistema hidráulico del helicóptero Ecureuil AS350 (Doctoral dissertation).* [En línea] 2009. [Citado el: 25 de Abril de 2018.] <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6866>.

**Chicala, C.** *Adquisición de datos: Medir para conocer y controlar.* Madrid : s.n., 2004, Soluciones en control.

**Cornejo, M y Cornejo, M.** *Excelencia directiva para lograr la productividad. ebooks Patagonia.* [En línea] 2011.

**Czekaj, D.** *Aplicaciones de la ingeniería: Maquinaria hidráulica en embarcaciones pesqueras pequeñas.* 1988, Food & Agriculture Org, Vol. 3.

**DevCode.** *Arduino: Programación de Microcontroladores.* [En línea] [Citado el: 18 de Agosto de 2018.] <https://devcode.la/articulos/programacion-de-microcontroladores/>.

**Eling, H y Sánchez, M.** *Presas, canales y cajas de agua: la tecnología hidráulica en El Bajío mexicano.* [ed.] Jacinta Palerm Viqueira y Tomás Martínez Saldaña. s.l. : Colegio de Posgraduados y Plaza y Valdés, 2000, Vols. ISBN 968-856-761-1, pág. 97.

**E.P.S. Ingeniería de Gijón.** *Instalación de aire comprimido.* [En línea] Abril de 2006. [Citado el: 11 de Agosto de 2018.] [kimerius.com/app/download/5793843517/Instalación+de+aire+comprimido.pdf](http://kimerius.com/app/download/5793843517/Instalación+de+aire+comprimido.pdf).

**EMC Ecuador.** *Cilindros Neumáticos.* [En línea] 2013. [Citado el: 11 de Agosto de 2018.] <http://emc-ecuador.com/neumatica/cilindros-neumaticos/>.

**Flores, C.** *Oleodinámica: potencia hidráulica, motor de la industria. Parte 2.* 2010.

**Groover, M.** *Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing,* Prentice Hall International Inc., New Jersey. [En línea] 1987.

**HERNANDEZ, Ricardo.** *Introducción a los elementos de control: conceptos, aplicaciones y simulación con Matlab.* Primera. Mexico : Prentice Hall, 2010.

**HETPRO.** *Microcontroladores.* [En línea] 12 de Noviembre de 2017. [Citado el: 10 de Agosto de 2018.] <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>.

**Hidraulica Prado.** *Hidráulica.* [En línea] 01 de Febrero de 2009. [Citado el: 30 de Noviembre de 2017.] <http://www.hidraulicaprado.com/pdf/hidraulica.pdf>.

**Hidromecanica del Ecuador.** *Centralina Hidráulica 12 Voltios.* [En línea] 18 de Mayo de 2018. [Citado el: 28 de Agosto de 2018.] <http://www.hydromecanica.com/images/pdf/9.CENTRALES-HIDRAULICAS/CAPRONI/CAPRONI.pdf>.

**Hoyos, M, Mejía, L y Henaho, E.** *Determinación experimental del módulo de bulk de tuberías flexibles para sistemas oleohidráulicos.* *Scientia Et Technica.* 29, 2005, Vol. 11.

**IADA S.L.** *Aceites hidráulicos y agrícolas.* [En línea] [Citado el: 11 de Agosto de 2018.] [http://www.iada.es/es/aceites-hidr%C3%A1ulicos-y-agr%C3%ADcolas\\_410](http://www.iada.es/es/aceites-hidr%C3%A1ulicos-y-agr%C3%ADcolas_410).

**Indiamart.** *Siemens LOGO PLC.* [En línea] 2014. [Citado el: 18 de Agosto de 2018.] <https://www.indiamart.com/proddetail/siemens-logo-plc-16151704033.html>.

**Laica, A, Rolando, M y Ruiz Sarzosa, C.** *Diseño e implementación de un módulo didáctico de control hidráulico para prácticas de Laboratorio de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.* [En línea] 2013. [Citado el: 10 de Mayo de 2018.] <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1669/1/T-UTC-1543.pdf>.

**LÓPEZ, Denis y OÑATE, Jimmy.** *Estudio en el rango de 500°C-550°C de la degradación microestructural del acero A36 y fundición nodular perlítica por efecto de termofluencia.* 2017.

**Mannesmann, R.** *Proyecto y construcción de equipos hidráulicos.* [ed.] trad. Parisi R. Madrid : s.n., 1992.

**Mañón, J y Terán, A.** *Dos testimonios sobre historia de los aprovechamientos hidráulicos en México.* 1994, Ciesas.

**Martínez, V.** *Automatización industrial moderna.* s.l. : Alfaomega, 2001.

**Mataix, C.** *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas.* Madrid : Ediciones del castillo. S.A. , 1986.

**McGraw, Hill.** *Oleohidráulica.* s.l. : Nicolás Serrano, 2004.

**Medina, C.** *Sistemas Oleohidráulicos.* 5, 2015, Ciencia Unemi, Vol. 4, págs. 62-69.

**MICRO.** *Cilindros Neumáticos.* [En línea] 04 de Mayo de 2011. [Citado el: 11 de Agosto de 2018.] <http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf>.

**Microsoft Word - HydWorkBook.** *Hidráulica Básica 3.0.* [En línea] 03 de Agosto de 2000. [Citado el: 28 de Agosto de 2018.] <http://files.escuela-tec-sup-maritima.webnode.com.uy/200000178-7cab17da4b/MANUAL%20DE%20HIDRAULICA.pdf>.

**Monroy, M, García, C. J y Márquez, J. A.** *Diseño y construcción de un control de temperatura para el fluido del banco de pruebas para bombas hidráulicas de desplazamiento positivo.* 41, 2009, Scientia et Technica, Vol. 1, págs. 93-98.

**MORALES, Marco.** *Diseño y Construcción de un prototipo didáctico de termofluencia para el laboratorio de ciencias de materiales de la Esime unidad Culhuacán.* México : s.n., 2009.



**Ñonthe, P.** *Diseño y construcción de un tablero oleohidráulico didáctico*. [En línea] 2015. [Citado el: 18 de Abril de 2018.] <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5704>.

**Ogata, Katsuhiko.** *Ingeniería de control moderna*. Quinta. Madrid : Prentice Hall, 2010.

**Parra, F.** *Curso: hidráulica*. [En línea] Septiembre de 2012. [Citado el: 10 de Mayo de 2018.]

**Peréz, E, Gallo, O y Pinilla, C.** *Sistema de regeneración de energía en vehículos (modelado y simulación dinámica)*. 1, 2010, UIS Ingenierías, Vol. 9, págs. 145-156.

**Pérez, M, y otros.** *Diseño de controladores P, PI y PID para el comportamiento dinámico de un servo-sistema hidráulico, basado en desarrollo experimental*. *Investigación*. 16, 2014, Vol. 2, pág. 21.

**Permanete, E.** *Circuitos Neumaticos y olehidraulicos, Sistemas hidraúlicos*. [En línea] 2015. [Citado el: 18 de Abril de 2018.] [http://agrega.juntadeandalucia.es/visualizador1/VisualizadorCS/VisualizarDatosNavSecuenciaNodo.do?identificador=es-an\\_2010110213\\_9123116&idSeleccionado=ITEM-ed81b1ee-932f3877-a000-23383ba02012](http://agrega.juntadeandalucia.es/visualizador1/VisualizadorCS/VisualizarDatosNavSecuenciaNodo.do?identificador=es-an_2010110213_9123116&idSeleccionado=ITEM-ed81b1ee-932f3877-a000-23383ba02012).

**Piedrahita, R.** *Ingeniería de la automatización industrial*. Bogotá : Alfa Omega, 2001.

**Potter, M y Somerton, C.** *Termodinámica para Ingenieros*. 2004, Bookman Editora.

**QuimiNet.** *Gato Hidráulico - Funcionamiento y Tipos*. [En línea] 07 de Diciembre de 2011. [Citado el: 11 de Agosto de 2018.] <https://www.quiminet.com/articulos/gato-hidraulico-funcionamiento-y-tipos-2650085.htm>.

**Ravell, F.** *Oleohidráulica básica: diseño de circuitos*. s.l. : Ediciones UPC, 2000.

**RIBA ROMEVA, Carles.** *Diseño Concurrente*. Barcelona : s.n., 2002. ISBN: 84-8301-598-6.

**Rivas, Carlos.** *Propiedades mecánicas: fatiga y termofluencia*. [En línea] 2017 de Enero de 2015. [Citado el: 30 de Noviembre de 2017.] <http://www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m210031/Tema%2010.pdf>.

**Rosales, Daniel.** *Ventajas y Desventajas de los Sistemas Hidráulicos y Neumáticos*. *CHN2013*. [En línea] 10 de Septiembre de 2013. [Citado el: 10 de Agosto de 2018.] <https://sites.google.com/site/cihine2013/unidad-1/1-2-conceptos-basicos-de-la-hidraulica/1-4-ventajas-y-desventajas-de-los-sistemas-hidraulicos-y-neumaticos>.

**Royo, E.** *Oleohidráulica Conceptos Básicos*. España : PARANINFO, 2000.

**Schmitt, G.** *Información y enseñanza de la hidráulica*. [ed.] E Brokoff. Madrid : Mannesmann Rexroth, 1990.

**Serrano, A.** *Oleohidráulica*. *Primera. s.l.* 2002, Mc Graw Hill, págs. 451 - 461.

**Servimangueras.** *Catálogo de productos.* [En línea] 18 de Enero de 2017. [Citado el: 29 de Agosto de 2018.] <http://servimangueras.com/productos/>.

**Shaum, Mecle C. Potter\_ Craig W. Somerton.** *Schaum's outline of theory and problems of engineering thermodynamics.* 2008, pág. 7.

**SICK Sensor Intelligence.** *Transmisor de Presión PBT.* [En línea] 13 de Octubre de 2009. [Citado el: 28 de Agosto de 2018.] <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/0f9c/0900766b80f9c786.pdf>.

**Siemens.** *LOGO! 12/24RCE.* [En línea] 27 de Junio de 2016. [Citado el: 01 de Septiembre de 2018.] [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores\\_modulares/LOGO/Documents/logo\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/LOGO/Documents/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf).

**SolucionesyServicios.biz.** *LOGO! Soft Comfort V8.1 Siemens.* [En línea] [Citado el: 01 de Septiembre de 2018.] <https://www.solucionesyservicios.biz/LOGO-Soft-Comfort-V8>.

**Sperry, V.** *Manual de Oleohidráulica Industrial.* s.l. : Blume, 2008.

**TIRIRA SUÁREZ, Lenin Mauricio y CASTRO MACAS, Diego Orlando.** *Diseño y Construcción de una máquina despulpadora de frutas.* Riobamba : s.n., 2014.

**Turnero, Pablo.** *Principios de los Sistemas de Control.* [En línea] 02 de Agosto de 2016. [Citado el: 10 de Agosto de 2018.] <https://www.monografias.com/docs110/principios-sistemas-control/principios-sistemas-control.shtml>.