



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

**DESARROLLO DE LABORATORIO REMOTO VIRTUAL PARA
SECUENCIAS DE CILINDROS HIDRÁULICOS DE UN BANCO DE
PRUEBAS EN EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y
OLEOHIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

TIPO: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA MECÁNICA

AUTORAS: ESTEFANÍA BERENICE BRAVO LÓPEZ

PAMELA ESTEFANÍA PINO PILCO

DIRECTOR: Ing. SANTIAGO ALEJANDRO LÓPEZ ORTIZ

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Estefanía Berenice Bravo López; Pamela Estefanía Pino Pilco

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

Nosotras, Estefanía Berenice Bravo López, Pamela Estefanía Pino Pilco, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de diciembre de 2019



Estefanía Berenice Bravo López

094050364-2




Pamela Estefanía Pino Pilco

060404108-7

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta tecnológica, **DESARROLLO DE LABORATORIO REMOTO VIRTUAL PARA SECUENCIAS DE CILINDROS HIDRÁULICOS DE UN BANCO DE PRUEBAS EN EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y OLEOHIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por el señor: **ESTEFANÍA BERENICE BRAVO LÓPEZ y PAMELA ESTEFANÍA PINO PILCO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Ing. Edwin Viteri Núñez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

FIRMA	FECHA
	<u>16/12/2019</u>

Ing. Santiago López Ortiz
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

	<u>16/12/2019</u>
--	-------------------

Ing. Telmo Moreno Romero
MIEMBRO DE TRIBUNAL

	<u>16/12/2019</u>
--	-------------------

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación con todo mi cariño y amor, a mi padre Luis, aunque no esté con vida son sus palabras mi impulso para seguir adelante día tras día, a mi madre María por todo su amor y apoyo incondicional; sé que siempre estará conmigo y a mi hermana Erika por su cariño y comprensión.

Estefanía Berenice Bravo López

El presente trabajo se lo dedico a mi madre Luz Pilco por ser el pilar fundamental en mi vida que con su amor, apoyo, sacrificio y motivación me enseñó a seguir adelante. A mi padre Ezequiel Pino por enseñarme la responsabilidad, guiarme y darme la fortaleza que se requiere para sobrepasar los obstáculos que se presentan. A mi hermana Viviana quien me acompañó en el camino dándome su apoyo. A mi hijo Sebastián quien es el motor que me impulsa a seguir adelante y dar lo mejor en el día a día. A mis queridas abuelitas, tías y primas que con sus consejos y valores forjaron mi carácter e impulsaron a terminar esta etapa de mi vida, en fin, a todas mis amigas y conocidos que me alentaron para alcanzar mis objetivos.

Pamela Estefanía Pino Pilco

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haber guiado a lo largo de mi vida y por haber puesto en mi camino a todas aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo de estudio.

Agradezco a mi madre por su amor y apoyo a lo largo de toda mi vida. A mi hermana por ser mi eterna compañera y amiga; y a mis familiares que estuvieron cuando más los necesité.

Siempre estaré agradecida con Pamela mi buena amiga y compañera del alma, por estar siempre conmigo. Gracias a su familia personas que me acogieron como si fuera parte de ella, les tengo mucho cariño.

Mi más sincero agradecimiento a las Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Estefanía Berenice Bravo López

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme culminar una etapa más en mi vida, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica por la oportunidad de obtener una profesión. A los docentes que me impartieron los conocimientos necesarios para aplicar en el ámbito laboral. A mis padres por todo el trabajo y sus consejos. A mi hermana Vivi por ser mi cómplice durante este ciclo. A mis segundas madres Mercedes, Ceci, Dori y Nelly por el apoyo y palabras de aliento. A mis primas hermanas Lorena, Belén y Geoselin que me apoyaron en todo momento. A mi compañera y amiga incondicional Estefanía por las inolvidables experiencias vividas y dedicación. A todos los compañeros y amigos que estuvieron en el trayecto por su amistad que me dejan gratos recuerdos.

Pamela Estefanía Pino Pilco

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
1.5 Alcance.....	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Oleohidráulica.....	5
2.2 Transmisión hidráulica de fuerza.....	6
2.3 Clasificación de la oleohidráulica.....	7
2.3.1 <i>Oleohidráulica convencional</i>	7
2.3.2 <i>Oleohidráulica proporcional</i>	8
2.3.3 <i>Oleohidráulica de servoválvulas</i>	9
2.4 Sistema oleohidráulico.....	10
2.4.1 <i>Fluido Hidráulico</i>	10
2.4.2 <i>Depósito</i>	11
2.4.2.1 <i>Tanque presurizado</i>	12
2.4.2.2 <i>Tanque no presurizado</i>	12
2.4.3 <i>Bomba</i>	13

2.4.3.1	<i>Bombas de caudal fijo</i>	13
2.4.3.2	<i>Bomba de caudal variable</i>	13
2.4.4	<i>Filtros</i>	14
2.4.5	<i>Válvulas hidráulicas y accesorios</i>	15
2.4.5.1	<i>Válvulas direccionales o distribuidoras</i>	15
2.4.5.2	<i>Válvulas de Bloqueo</i>	17
2.4.5.3	<i>Válvulas reguladoras de presión</i>	17
2.4.5.4	<i>Válvulas de Caudal</i>	18
2.4.6	<i>Actuadores hidráulicos</i>	19
2.4.6.1	<i>Cilindros</i>	19
2.4.6.2	<i>Motores de giro Oscilante</i>	20
2.4.6.3	<i>Motores Rotativo</i>	21
2.5	Representación esquemática de los mecanismos	21
2.6	Diagramas de funcionamiento	22
2.6.1	<i>Diagrama espacio-fase (DEF)</i>	23
2.6.2	<i>Diagrama espacio-tiempo (DET)</i>	24
2.6.3	<i>Diagramas de señales mando. (DSM)</i>	24
2.7	Métodos de Generación de Secuencias de cilindros hidráulicos	25
2.7.1	<i>Método Intuitivo</i>	25
2.7.2	<i>Método de Cascada</i>	26
2.7.3	<i>Método paso a paso</i>	26
2.7.4	<i>Método secuenciador</i>	26
2.8	Lenguajes de programación para PLC	26
2.8.1	<i>Lenguaje de contactos (ladder)</i>	27
2.8.2	<i>Lenguaje de lista de instrucciones</i>	28
2.8.3	<i>Lenguaje literal estructurado</i>	29
2.8.4	<i>Lenguaje Grafcet</i>	29
2.8.4.1	<i>Reglas de evolución del Grafcet</i>	31
2.8.4.2	<i>Ejemplo</i>	31
2.9	Conversión básica de GRAFCET a LADDER	32
2.10	Herramientas de desarrollo Virtual	33
2.10.1	<i>Laboratorio Remoto (LR)</i>	33
2.10.2	<i>Laboratorio Virtual (LV)</i>	33
2.10.3	<i>Laboratorio Remoto Virtual (LRV)</i>	33
2.10.4	<i>Estructura de un Laboratorio Remoto</i>	34
2.10.4.1	<i>Planta de Trabajo</i>	35
2.10.4.2	<i>Autómata Programable</i>	35

2.10.4.3 Cámaras.....	36
2.10.4.4 Servidor	36

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACION DE LABORATORIO REMOTO EN EL BANCO DE CILINDROS HIDRAULICOS	38
3.1 Análisis y diagnóstico del banco oleohidráulico.....	38
3.1.1 Depósito.....	41
3.1.2 Fluido Hidráulico	42
3.1.3 Filtro.....	42
3.1.4 Válvula Limitadora de Presión.....	43
3.1.5 Bomba	43
3.1.6 Motor Eléctrico	44
3.1.7 Válvulas Direccionales	44
3.1.8 Cilindros Oleohidráulicos.	46
3.1.9 Mangueras	47
3.1.10 Acoples Rápidos	47
3.1.11 Manómetro	48
3.2 Selección de los elementos de automatización.....	49
3.2.1 Elementos del tablero de control para el banco de pruebas oleohidráulico.....	51
3.2.1.1 Finales de Carrera	51
3.2.1.2 PLC (Controlador lógico programable)	52
3.2.1.3 Pantalla HMI.....	53
3.2.1.4 Transformador.....	55
3.2.1.5 Fuente de Alimentación en carril DIN	56
3.2.1.6 Guardamotor	57
3.2.1.7 Contactor	57
3.2.1.8 Breakers.....	58
3.2.1.9 Selector.....	60
3.2.1.10 Parada de Emergencia	60
3.2.1.11 Relé Electromagnético.....	61
3.2.1.12 Borneras	62

3.2.2	<i>Dispositivos de la red local</i>	62
3.2.2.1	<i>Router</i>	62
3.2.2.2	<i>Raspberry Pi</i>	63
3.2.2.3	<i>Cámara</i>	64
3.2.2.4	<i>Brazo metálico para instalación de cámara</i>	65
3.3	Montaje de Elementos de Automatización	67
3.3.1	<i>Montaje del Circuito Eléctricos</i>	67
3.3.2	<i>Desarrollo de Red Local del LRV</i>	72
3.3.3	<i>Instalación de servidor Web</i>	75
3.3.4	<i>Software y lenguajes de Programación y Comunicación</i>	76
3.3.4.1	<i>SoMachine: Programación de PLC</i>	76
3.3.4.2	<i>Vijeo Designer: programación de Pantalla HMI</i>	77
3.3.4.3	<i>JavaScript: desarrollo de plataforma virtual del LRV.</i>	79
3.3.4.3.1	<i>Librería jquery</i>	81
3.3.4.3.2	<i>Librería fullcalendar</i>	81
3.3.4.3.3	<i>Material-Dashboard</i>	82
3.3.4.3.4	<i>Bootstrap</i>	83
3.3.4.4	<i>Python</i>	84
3.3.5	<i>Interfaz gráfica de usuario</i>	85
3.3.5.1	<i>Características de interfaz gráfica del LRV: Administrador</i>	86
3.3.5.2	<i>Características de interfaz gráfica del LRV: Profesor</i>	91
3.3.5.3	<i>Características de interfaz gráfica del LRV: Estudiante</i>	93

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	97
4.1	Pruebas de Funcionamiento	97
4.2	Criterios de Aceptabilidad	100
4.2.1	<i>Conocimientos Previos</i>	101
4.2.2	<i>Criterios del LRV</i>	103

CAPÍTULO V

5.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	106
5.1	Costo Directo.....	106
5.1.1	<i>Materiales Mecánicos</i>	106
5.1.2	<i>Materiales Eléctricos</i>	107
5.1.3	<i>Mano de Obra</i>	107
5.1.4	<i>Encuadernado</i>	108
5.2	Valor Total de Costos Directos	108
5.3	Costos Indirectos.....	108
5.4	Costos Totales	108

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Tipos de fluidos hidráulicos.	11
Tabla 2-2: tipos de bombas según la forma constructiva.	14
Tabla 3-2: Simbología de válvulas distribuidoras.....	16
Tabla 4-2: Clasificación de cilindros.	20
Tabla 5-2. Símbolos normalizados y funciones.	30
Tabla 6-2: Software de programación de PLCs	35
Tabla 7-2: Lenguajes de programación para sitios Web.....	37
Tabla 1-3: Datos técnicos del depósito.	42
Tabla 2-3: Características del filtro.....	42
Tabla 3-3: Datos técnicos de limitadora de presión.....	43
Tabla 4-3: Datos técnicos de bomba de engranajes internos.	44
Tabla 5-3: Datos técnicos de motor	44
Tabla 6-3: Datos técnicos: válvula de control direccional.	45
Tabla 7-3: Característica de la bobina electromagnética.	45
Tabla 8-3: Dimensiones de los cilindros doble efectos.....	46
Tabla 9-3: Datos técnicos de acoples rápidos.	48
Tabla 10-3: Datos técnicos del final de carrera.....	52
Tabla 11-3: Ficha técnica. PLC M221 Schneider.	53
Tabla 12-3: Datos técnicos de pantalla HMI.	55
Tabla 13-3: Características técnicas del transformador	55
Tabla 14-3: Datos técnicos de la fuente de alimentación en carril DIN.	56
Tabla 15-3: Características del guardamotor	57
Tabla 16-3: Datos técnicos del contactor.....	58
Tabla 17-3: Características de Breaker C16.....	59
Tabla 18-3: Datos técnicos del breaker C4.....	60
Tabla 19-3: Características del selector.	60
Tabla 20-3: Características de botón de emergencia.....	61
Tabla 21-3: Características técnicas de relé magnético.	61
Tabla 22-3: Especificaciones técnicas	63
Tabla 23-3: Ficha técnica de la Raspberry Pi	64
Tabla 24-3: Características de cámara IP Hikvision.....	65
Tabla 25-3: Librerías complementarias de Python	85
Tabla 1-4: Datos Experimentales de Temperatura-Tiempo	97
Tabla 2-4: Valores de confiabilidad (k).	100

Tabla 1-5: Clasificación de costos.	106
Tabla 2-5: Costos de materiales mecánicos.	106
Tabla 3-5: Costos de materiales eléctricos.	107
Tabla 4-5: Costo de mano de Obra.	107
Tabla 5-5: Costo de encuadernados	108
Tabla 6-5: Costo directos totales.....	108
Tabla 7-5: Costos Indirectos	108
Tabla 8-5: Costos Totales.....	108

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Prensa Hidráulica	6
Figura 2-2 . Oleohidráulica convencional. Bomba de cilindrada const. y válvulas direccionales.	8
Figura 3-2: Sistema Hidráulico proporcional típico.	9
Figura 4-2: Esquema de una servoválvula.....	10
Figura 5-2: Circuito hidráulico básico.	10
Figura 6-2. Tanque hidráulico.....	12
Figura 7-2. Tanque presurizado	12
Figura 8-2: Tanque no presurizado.....	13
Figura 9-2. Tipos de filtros según su colocación.	15
Figura 10-2. Símbolo de las válvulas distribuidoras.....	16
Figura 11-2. Válvula proporcional.....	16
Figura 12-2. Válvula de bloqueo.....	17
Figura 13-2. Válvula anti-retorno (abierta y cerrada)	17
Figura 14-2. Válvula reguladora de presión.....	18
Figura 15-2. Válvula de seguridad.....	18
Figura 16-2. Regulación de velocidad por limitación del caudal de alimentación.	19
Figura 17-2. representación esquemática del mecanismo.	22
Figura 18-2. Secuencias de movimientos.	22
Figura 19-2. Diagrama espacio-fase.	24
Figura 20-2. Diagrama espacio-tiempo.....	24
Figura 21-2. diagrama de señal de mando.	25
Figura 22-2: Función lógica de la variable Y en esquema de contactos.....	27
Figura 23-2. Funciones complejas en esquemas de contactos.	28
Figura 24-2: Secuencia que describe un listado de instrucciones.....	29
Figura 25-2. Programa en texto estructurado para un PLC marca Telemecanique TSX-07	29
Figura 26-2. Taladro automático.....	31
Figura 27-2. Representación básica en LD de las transiciones y etapas GRAFCET	32
Figura 1-3. Diagrama de procesos para implementación de LRV	38
Figura 2-3. Banco de cilindros Oleohidráulico. FM, ESPOCH	39
Figura 3-3. Caja de control eléctrico del banco Oleohidráulico.	40
Figura 4-3. Acoples rápidos incompletos con empaques en mal estado.....	40
Figura 5-3. Cilindros doble efectos y electroválvulas ubicados en otro panel de trabajo.	
Figura 6-3. Reservorio de aceite del banco de pruebas oleohidráulico.....	41

Figura 7-3. Filtro de malla.	42
Figura 8-3. Válvula limitadora de presión.	43
Figura 9-3. Bomba de engranajes internos.....	43
Figura 10-3. Motor eléctrico monofásico.	44
Figura 11-3. Válvulas de control direccional.....	45
Figura 12-3. Cilindros doble efecto	46
Figura 13-3. Mangueras de diferentes diámetros y longitud.....	47
Figura 14-3. Acoples rápidos	48
Figura 15-3. manómetro.....	48
Figura 16-3. Arquitectura de LRV del banco de pruebas oleohidráulicos.....	50
Figura 17-3. Micro switch (final de carrera).....	51
Figura 18-3. PLC M221. Schneider Electric.....	52
Figura 19-3. Pantalla HMI táctil. Schneider electric.....	54
Figura 20-3. Contenido del paquete de pantalla HMI.....	54
Figura 21-3. Transformador de núcleo y bobina.....	55
Figura 22-3. Fuente de alimentación en carril DIN	56
Figura 23-3. Guardamotor.....	57
Figura 24-3. Contactor	58
Figura 25-3. Breaker de 3 polos.....	59
Figura 26-3. Breaker de 1 polo.	59
Figura 27-3: Selector de tres posiciones.	60
Figura 28-3. Pulsador de emergencia.....	61
Figura 29-3. Relé Electromagnético.	61
Figura 30-3. Borneras de riel DIN	62
Figura 31-3. Router	62
Figura 32-3. Raspberry Pi 3 Model B.	63
Figura 33-3. Cámara IP.....	64
Figura 34-3. Brazo para cámara IP.	66
Figura 35-3. Dimensiones en [mm] de los elementos del brazo para cámara IP.	66
Figura 36-3. Plano de dimensiones y elementos principales del tablero de control.	67
Figura 37-3. Plano de conexiones eléctricas de motor, bomba y PLC.....	68
Figura 38-3. Conexión de motor de la HPU al terminal de salida del PLC.	69
Figura 39-3. Conexión de los finales de carrera a los terminales de entradas del PLC.	69
Figura 40-3. Conexión de solenoides.....	70
Figura 41-3. Instalación del tablero de control en el banco de pruebas oleohidráulico.	70
Figura 42-3. Instalación de caja térmica a banco de pruebas oleohidráulico.....	71
Figura 43-3. Instalación de puerta de la caja térmica.....	71

Figura 44-3. Caja de control del LRV terminada.....	72
Figura 45-3. Diagrama de red local.	72
Figura 46-3. Asignación de IP estática al router.	73
Figura 47-3. Tráfico permitido y denegado por firewall.....	74
Figura 48-3. Configuración del router para establecer zona desmilitarizada DMZ.	74
Figura 49-3. Acrónimo de servidor LAMP.....	75
Figura 50-3. Interfaz de phpMyAdmin, herramienta para gestión de base de datos.....	76
Figura 51-3. Programación ladder: Bloque de función timer del cilindro 1 (A).....	77
Figura 52-3. Diseño de la ventana principal de la pantalla HMI.	78
Figura 53-3. Panel de controles de los actuadores. Programación en Vijeo-Designer.	79
Figura 54-3. Panel de alarmas. de Vijeo-Designer.	79
Figura 55-3. Flujograma de plataforma de LRV.....	80
Figura 56-3. Librerías de JavaScript para desarrollo de la página web del LRV.....	81
Figura 57-3. Programación en formato CSS de la librería Fullcalendar	82
Figura 58-3. Pantalla de inicio de página Web. Calendario.....	82
Figura 59-3. Menú de tareas (administrador, docente y estudiante).	83
Figura 60-3. Pantalla principal de la plataforma virtual.	83
Figura 61-3. Formulario de registro de profesores.....	84
Figura 62-3. Programación en php del formulario de registro del profesor.....	84
Figura 63-3. Página principal para acceder al LRV.....	86
Figura 64-3. Orden jerárquico de usuarios del LRV	87
Figura 65-3. Pantalla de Inicio del administrador, calendario de agendamiento por mes.	87
Figura 66-3. Calendario de agendamiento por semanas.	88
Figura 67-3. Calendario de agendamiento por día.	88
Figura 68-3. Datos de reserva de prácticas del profesor.	89
Figura 69-3. Datos de reserva del estudiante.	89
Figura 70-3. Sistema de registro de profesores.....	90
Figura 71-3 Formulario de registro de datos de profesores del LRV.....	90
Figura 72-3. correo con los datos de acceso del profesor.	90
Figura 73-3. Pantalla de Inicio del profesor, calendario de agendamiento por mes.	91
Figura 74-3. Lista de estudiantes registrados.....	91
Figura 75-3. Formulario de registro de los estudiantes.....	92
Figura 76-3. Lista de prácticas creadas.....	92
Figura 77-3. Formulario de creación de prácticas de LRV.....	93
Figura 78-3. Lista de prácticas agendadas por estudiantes.	93
Figura 79-3. Pantalla de Inicio del Estudiantes, calendario de agendamiento por mes.	94
Figura 80-3. Prácticas de laboratorio disponibles.	94

Figura 81-3. Formulario de agendamiento de prácticas de laboratorio.....	95
Figura 82-3. Horario de prácticas de laboratorio reservado por el estudiante.	95
Figura 83-3. Lista de prácticas agendadas, en el momento de iniciar con la práctica.	95
Figura 84-3. Ventana de ejecución de la práctica antes de iniciar secuencias.	96
Figura 85-3. Ventana de ejecución de la práctica después de realizar las secuencias de cilindros.....	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4. Curvas de Temperaturas del aceite con respecto al tiempo de operación.	98
Gráfico 2-4. Curva Temperatura-Tiempo de los Solenoides	99
Gráfico 3-4. Resultados porcentuales de conocimiento de formación de grupos.	101
Gráfico 4-4. Resultados de conocimientos de lenguaje de programación.....	102
Gráfico 5-4. Aplicación de los lenguajes de programación en secuencias de actuadores.....	102
Gráfico 6-4. Utilidad del uso del LRV.....	103
Gráfico 7-4. Facilidad del control de banco de pruebas y accionamiento de secuencias.....	103
Gráfico 8-4. Tiempos de realización de secuencias.....	104
Gráfico 9-4. Evaluación de acceso remoto.....	104
Gráfico 10-4. Aplicación en otros bancos de experimentación.	105

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MANUALES DE USUARIOS

**ANEXO B: MANUAL DE OPERACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE
PRUEBAS OLEOHIDRÁULICO**

**ANEXO C: GUÍA DE LABORATORIO DE SECUENCIAS DE CILINDROS
OLEOHIDRÁULICOS**

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objeto el desarrollo de un laboratorio remoto virtual (LRV) para secuencias de cilindros hidráulicos en el laboratorio de neumática y oleohidráulica de la Facultad de Mecánica en la ESPOCH, con el fin de mejorar el aprendizaje cognitivo y práctico de los estudiantes de la asignatura. Para ello se realizó el análisis y diagnóstico del banco de pruebas existente, determinando el estado de funcionamiento, y obteniendo los parámetros de mejoras para dar solución a los requerimientos tecnológico de un LRV. Luego, se procedió al desarrollo del circuito de control formado por: un Router al cual se le asignó una IP fija y luego una IP pública para el acceso web desde cualquier punto, una cámara para el acceso remoto, una pantalla HMI para la manipulación de modo local en el laboratorio, un PLC (Controlador Lógico Programable) que controla y automatiza el sistema hidráulico y una Raspberry Pi que cumple la función de servidor web como también almacenamiento de datos. Adicionalmente se diseñó una plataforma virtual que permite al profesor registrar a los estudiantes y crear prácticas; a los alumnos permite agendar horarios para posteriormente realizar la practica en tiempo real y poder visualizarla. Para validar el trabajo se realizaron pruebas de funcionamiento y una encuesta de conformidad a estudiantes de la Facultad de Mecánica, donde cada uno realizó diferentes secuencias solicitadas en la guía de laboratorio sin presentar eventualidades, además se pudo evaluar el aprendizaje en los informes de laboratorio presentados. Se obtuvo resultados favorables alcanzando los objetivos en la propuesta del LRV concluyendo que este tipo de proyectos es factible para acondicionar otros bancos de pruebas. Se recomienda verificar las conexiones eléctricas y de internet antes de poner en funcionamiento el equipo y recurrir a los manuales de usuario y mantenimiento para evitar daños.

Palabras clave: <TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <INGENIERIA MECÁNICA>, <LABORATORIO REMOTO VIRTUAL>, <SECUENCIAS DE CILINDROS OLEOHIDRÁULICOS>, <PLATAFORMA VIRTUAL>, <RASPBerry PI>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <DESARROLLO DE PLATAFORMA VIRTUAL>, <CONTROL AUTOMÁTICO>.



ABSTRACT

The purpose of this work was to develop a virtual remote laboratory (LRV) for hydraulic cylinder sequences in the pneumatics and oleohydraulics laboratory of the Faculty of Mechanics at ESPOCH, in order to improve the cognitive and practical learning of students of the subject. For this, the analysis and diagnosis of the existing test bench was carried out, determining the operating status, and obtaining the improvement parameters to solve the technological requirements of an LRV. Then, we proceeded to the development of the control circuit formed by: a Router to which a fixed IP was assigned and then a public IP for web access from any point, a camera for remote access, an HMI screen for the manipulation of local mode in the laboratory, a PLC (Programmable Logic Controller) that controls and automates the hydraulic system and a Raspberry Pi that fulfills the function of web server as well as data storage. A virtual platform was designed that allows the teacher to register the students and create practices; It allows students to schedule schedules to later carry out the practice in real time and be able to visualize it. To validate the work, performance tests and a conformity survey of students of the Faculty of Mechanics were carried out, where each one carried out different sequences requested in the laboratory guide without presenting any eventualities, in addition, the learning could be evaluated in the laboratory reports presented. Favorable results were achieved by achieving the objectives in the LRV proposal concluding that this type of project is feasible to condition other test benches. It is recommended to check the electrical and internet connections before operating the equipment and use the user and maintenance manuals to avoid damage.

KEYWORDS: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <MECHANICAL ENGINEERING>, <VIRTUAL REMOTE LABORATORY>, <SEQUENCES OF OLEOHIDRAULIC CYLINDERS>, <VIRTUAL PLATFORM>, <RASPEBERRY PI>, <LOGIC CONTROLLER PRACTICAL (PLC LOGIC) VIRTUAL PLATFORM DEVELOPMENT>, <AUTOMATIC CONTROL>.



INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las comunicaciones conjuntamente con herramientas informáticas como Internet y tecnologías Web, han marcado una gran participación en el diario vivir de las personas a nivel mundial, ya sea en el campo industrial, educativo, administrativo, social y político (ROJAS, et al., 2013 p. 73). La Web fue inventada justamente en la época cuando surgieron desarrollos tecnológicos orientados a una dirección y un número de usuario de la red con crecimiento exponencial, siendo necesario que cada ordenador en el mundo posea un dominio en direcciones IP, que a su vez se mantenían ocultas (TUBARÉS, 2012 p. 59)

El rápido crecimiento de la tecnología en cuanto a comunicaciones e información en el ámbito educativo, ha significado la ruptura del sistema tradicional, dando paso al aprendizaje autónomo y enseñanza más amplia (JARA, 2010 p. 3). El Internet ofrece herramientas de estudio como sitios web especializado que poseen información educativa abierta, libros online, seminarios, aulas virtuales, laboratorios virtuales remotos y muchos más recursos que el estudiante utiliza a lo largo de su vida académica (CAICEDO, 2009 p. 52). La educación virtual remota en la actualidad avanza a pasos agigantados debido al fácil acceso a Internet en casi cualquier lugar del mundo, permitiendo que el estudiante pueda manipular a un laboratorio en cuanto a programación, control, y evaluación, sin la necesidad de que el usuario se encuentre físicamente en dicho laboratorio, esto no quiere decir que los laboratorios tradicionales sean reemplazados más bien, son utilizados en áreas técnicas como Ingeniería

Mecánica con la finalidad de abaratar costos y con el beneficio de poseer accesibilidad sin que el limitante sea la distancia (MORENO, et al., 2017 p. 112). Los laboratorios remotos tienen un gran impacto como herramientas de aprendizaje individual para los estudiantes, son sistemas basados en infraestructura física y de comunicación mediante Internet, cuando el usuario y los dispositivos a controlar interactúan entre sí, sin necesidad que estos se encuentren ubicados en el mismo espacio geográfico (ROJAS, et al., 2013 p. 73). El laboratorio de Neumática y oleohidráulica de la Facultad de Mecánica, cuenta con un laboratorio remoto que realiza el monitoreo y análisis de las curvas características de la bomba de engranajes externos, es decir ya se cuenta con esta tecnología a la mano. Y es con el fin de seguir aportando en la formación de los estudiantes de las diferentes Escuelas que conforman la Facultad, se propone realizar la IMPLEMENTACIÓN DE LABORATORIO REMOTO PARA SECUENCIAS DE CILINDROS OLEOHIDRÁULICOS, mediante la creación de un laboratorio remoto virtual, que contribuirá po

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

En la actual sociedad, el ingeniero deberá contar con los conocimientos y habilidades necesarios para dar soluciones a problemas complejos de la humanidad, se podría decir entonces que los programas de Ingeniería deberán incluir en el currículo acciones que fomenten en los estudiantes tanto la observación como la experimentación y que les permita confrontar la teoría con la práctica. Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, las instituciones educativas en aras de ofrecer a sus estudiantes las prácticas necesarias para su formación, se ven abocadas a recurrir a los laboratorios remotos y virtuales. (ZAMORA, 2010 p. 283).

Los conceptos teóricos, sin ser llevados a la experimentación o a la práctica por medio del laboratorio se convierten solamente en ejercicios memorísticos y las prácticas sin una sólida conceptualización teórica se restringen a un nivel operativo. Es por eso que, en los últimos años, hemos presenciado un avance significativo en el desarrollo de sistemas que permiten realizar experimentos con los equipos de un laboratorio de forma remota. Estos sistemas se conocen como laboratorios remotos, y su uso se ha generalizado a todo el ámbito de las ingenierías.

Por esta razón, es importante que antes de desarrollar un laboratorio remoto se lleve a cabo un proceso de planificación, donde se tengan en cuenta ciertos elementos claves para su diseño; en primera instancia se deberá hacer un análisis y evaluación de las características, tanto técnicas como pedagógicas que den como resultado laboratorios óptimos, pertinentes y que su utilización infunda verdadera obtención y aplicación de conocimientos.

1.2 Planteamiento del problema

En los últimos años en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y especialmente en la Escuela de Ingeniería Mecánica el número de estudiantes ha crecido considerablemente, por lo que se busca mejorar técnicas de aprendizajes, mediante la interacción de los estudiantes en los diferentes laboratorios con los que cuenta la Facultad.

La Facultad de Mecánica posee un Laboratorio de Neumática y oleohidráulica, el cual permite realizar prácticas en los diferentes bancos de prueba, aplicando conocimientos teóricos previamente adquirido. Sin embargo, lograr que el estudiante haga un análisis profundo de las

conexiones adecuada para la realización de las prácticas en el laboratorio resulta poco satisfactorio debido a horarios de disponibilidad y al número limitado de estudiantes dentro del laboratorio. Además, estos equipos no satisfacen las exigencias tecnológicas actuales, el número de equipos disponibles y cantidad de alumnos no permiten que se desarrollen las prácticas fácilmente

Al ser, la asignatura de Neumática y oleo hidráulica cursada por una cantidad significativa de estudiantes, la disponibilidad de tiempo y espacio se vuelve una problemática, tanto para el estudiante como para el docente, causando carencias en conocimientos prácticos.

1.3 Justificación

El presente proyecto busca facilitar el uso de equipos de un sistema hidráulico mediante mando remoto virtual, ya que se están consolidando en el sector industrial, razón por la cual se pretende desarrollar un Laboratorio Remoto con un sistema hidráulico de tres cilindros doble efecto que pueda ser manipulado sin importar el sitio siempre y cuando se cuente con conectividad a internet, método que permitirá el uso del laboratorio en horarios preestablecidos diferentes a los dispuesto en horarios de clases y de esta manera dar solución a la problemática presente dentro de la Facultad de Mecánica.

Por esta razón se pretende implementar una práctica experimental para secuencias de cilindros oleohidráulicos mediante el desarrollo de un laboratorio remoto Virtual, para aprovechar el adelanto de la tecnología y la modernización de los equipos, mejorar el conocimiento práctico de los estudiantes y evaluar sus destrezas de acuerdo al conocimiento teórico antes adquirido. El laboratorio consta del módulo hidráulico que será controlado y automatizado por medio de un PLC que a su vez podrá ser controlado mediante una página Web, la misma que proporcionará información acerca del laboratorio en cuanto a conexiones previas y que permitirá evaluar al estudiante antes y después de la práctica.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Desarrollar un Laboratorio remoto virtual para secuencias de cilindros Hidráulicos doble efecto de un banco de prueba en el laboratorio de Neumática y Oleo hidráulica de la Facultad de Mecánica.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Compilar la información referente a la comunicación entre el software, elementos de control y banco hidráulico mediante la revisión de artículos, manuales y tesis para conocer las características y funcionamiento deseado del laboratorio remoto virtual.
- Seleccionar y adquirir elementos los elementos de control y automatización basados en la demanda tecnológica actual, para garantizar el funcionamiento del laboratorio remoto virtual.
- Desarrollar un laboratorio remoto virtual con tres cilindros hidráulicos de doble efecto que realicen cinco diferentes secuencias orientadas a la enseñanza de métodos secuenciales mediante lenguaje de diagramas de contactos y Grafcet.
- Evaluación del conocimiento adquirido y el grado de conformidad de los estudiantes a través de encuestas para determinar la utilidad del sistema implementado en prácticas de laboratorio.

1.5 Alcance

El presente proyecto tiene como alcance complementar un módulo oleohidráulico de tres cilindros doble efecto que realicen cinco diferentes secuencias mediante un mando remoto virtual, con la finalidad de evaluar la destreza del estudiante para aplicar los conocimientos adquiridos en la asignatura de Neumática e Hidráulica, realizando simulaciones de procesos presentes en la industria, con la facilidad de realizarlo por medio del internet ya sea dentro o fuera de la institución educativa.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Oleohidráulica

La oleohidráulica es una rama de la hidráulica, se denomina así, ya que la materia a fluir son líquidos derivados del petróleo (aceites), es decir las propiedades brindan mejores ventajas cuando se trata de producción, transmisión y control de movimientos, por medio de fluidos a presión, ayudados por elementos electrónicos y eléctricos. (ALMANDOZ, 2007 p. 1)

La oleohidráulica se emplea generalmente en procedimientos mecánicos donde se requiere emplear esfuerzos, fuerzas o presiones para desplazamientos y giros en operaciones industriales (SERRANO, 2002 p. 2). A continuación, presenta las siguientes ventajas:

- Movimientos suaves, silenciosos y libres de vibraciones mecánicas.
- Fácil inversión de sentido de movimiento
- Simplicidad en la construcción, es decir posee pocos elementos y fáciles de incorporar.
- La regulación de la velocidad puede regularse de fácil manera.
- Control simple de fuerzas y pares en los actuadores.
- Autolubricación de todos sus componentes.

Después de enumerar las ventajas que presentan los sistemas oleohidráulico, se debe tener en cuenta que existen ciertas desventajas que se presentan en las transmisiones mecánicas las mismas que se mencionan a continuación:

- Para generar presión y caudal necesario es preciso disponer de centralita oleohidráulica y sus elementos son de un costo elevado
- Cuando la transmisión posee cierta elasticidad presentan problemas en algunos mecanismos.
- La compresibilidad del aceite es pequeña y sumada a la elasticidad de las tuberías ocasionan inconvenientes en muchas aplicaciones.
- Debe purgarse necesariamente las burbujas de aire que contienen las tuberías para evitar anomalías en la puesta en marcha del sistema.

- Las pérdidas de fluido por aparatos y racores de unión son muy usuales, haciendo que este tipo de sistema no sea limpio.

2.2 Transmisión hidráulica de fuerza

La energía presente en la oleohidráulica está basada en los principios de la hidrostática, que es cuando el fluido está en equilibrio, realmente depende de la presión bajo el Principio de Pascal y de Arquímedes. La energía hidrodinámica resulta ser pequeña en los sistemas oleohidráulicos y puede ser despreciada, puesto que la masa de líquido circula en secciones relativamente angostas, es decir menos de 40 mm de diámetro y la velocidad debido al movimiento de la masa es apenas pocos metros sobre segundos y a su vez se puede desestimar a la energía estática ya que en este tipo de instalaciones no se presentan grandes desniveles de construcción. (CEMBRANOS NISTAL, 2002 p. 143)

La prensa hidráulica obedece a los principios de Pascal y Arquímedes es el principal ejemplo en la transmisión de energía oleohidráulica. Pascal dice que la presión ejercida sobre un fluido poco compresible y en equilibrio dentro de un recipiente con paredes indeformables se transmite con igual magnitud en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido. (VALERA NEGRETE, 2005 p. 54)



Figura 1-2. Prensa Hidráulica

Fuente: (VALERA NEGRETE, 2005 p. 54)

En la Figura 1-2 se puede observar como el principio de Pascal es la base de una palanca hidráulica expresada matemáticamente así:

$$P_1 = P_2 \quad (1)$$

La ecuación 1 indica que la presión en el punto 1 es la misma en el punto 2.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (2)$$

Mientras que la ecuación 2 desglosa el concepto de presión como una magnitud de fuerza (F_1, F_2) aplicada en una sección transversal (A_1, A_2) en la igualdad antes expresada en la ecuación 1, generalmente la fuerza F_1 es aplicada por medio de un mecanismo de palanca hidráulica o compresor a una distancia dado hará que la fuerza de salida se multiplique.

Arquímedes establece el principio de flotación afirmando que un cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza vertical igual al peso del fluido que desaloja complementado el funcionamiento de la prensa hidráulica.

2.3 Clasificación de la oleohidráulica

Actualmente la hidráulica se puede clasificar en:

- Oleohidráulica convencional o modular
- Oleohidráulica proporcional
- Oleohidráulica de servoválvulas

2.3.1 *Oleohidráulica convencional*

Su funcionamiento es basado en el todo o nada, las válvulas y el fluido, utiliza regulaciones normales, mecánicas, pilotadas con circuitos eléctricos auxiliares con electroimán. Posee desventajas como la regulación precisa en velocidades y fuerzas. La oleohidráulica modular es muy similar a la convencional, pero con la diferencia que se disminuye las pérdidas de fluido debido a la disminución de tuberías sustituidas por módulos formados por válvulas y componentes (ALMANDOZ, 2007 p. 3).

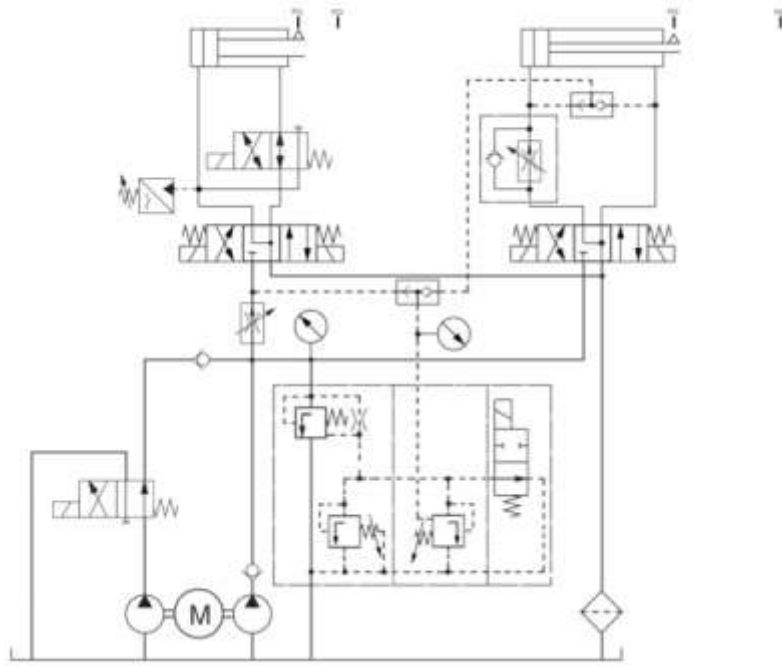


Figura 2-1. Oleohidráulica convencional. Bomba de cilindrada constante y válvulas direccionales.

Fuente: (MUÑIZ, 2015)

La Figura 2-2 describe un ejemplo de cómo esta complementada la oleohidráulica convencional, formada de válvulas normales, motor y bombas de cilindrada constante y además existe un sensor de carga que sirve para ocasiones en que se quiere que el caudal sobrante retorne al tanque a un diferencial de presión.

2.3.2 Oleohidráulica proporcional

Cuando se trata de soluciones intermedias es la hidráulica proporcional la correcta, brinda ventajas en cuanto a costos y facilidades, ya que es utilizada para mando y en cierta medida en regulación. Controla presión y caudal proporcional a la intensidad eléctrica y su corriente continua a la entrada es similar a los electroimanes con la aparición de válvulas de control direccional capaces de ofrecer una apertura controlada (ALMANDOZ, 2007 p. 4).

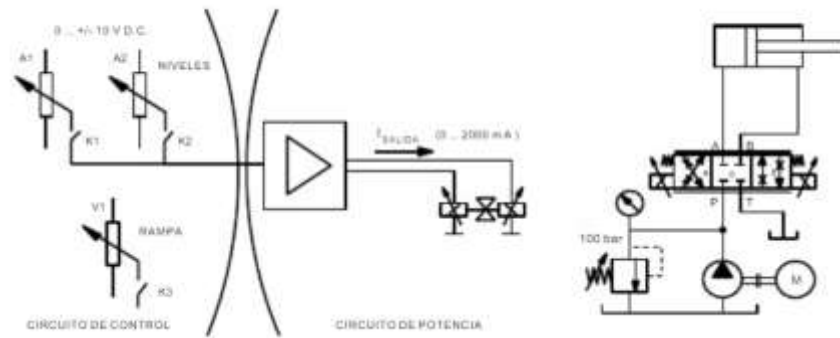


Figura 3-2: Sistema Hidráulico proporcional típico.

Fuente: (TECSUP_PFR, 2013)

La Figura 3-2 muestra un sistema típico proporcional que con el crecimiento de la automatización se hace posible controlar por medio de válvulas proporcionales el sistema mediante señales eléctricas en elementos electrónicos. Las ventajas que presentan es que el caudal y la presión son ajustables infinitamente por medio de una señal eléctrica, el ajuste es automático durante el funcionamiento del sistema, el consumo de energía es reducido gracias al control orientado a la demanda de presión y caudal y además que tan sola una válvula proporcional puede reemplazar varias válvulas conmutadoras (FESTO, 2012 pp. 2-3)

2.3.3 Oleohidráulica de servoválvulas

Es utilizada para regulación, funciona de tal manera que un mando eléctrico capta la señal para transformarla en señal mecánica de posición y se obtiene un mando proporcional intensidad-presión significando la regulación de fuerza (electro-hidráulica). Las servoválvulas son de alta precisión, que exigen un filtrado del aceite que va de 5-10 μm y el error en regulación de fuerza es del 3% y 1% en posición pero aunque es perfecta es costosa y esto hace que no todo problema en la industria las posean siempre y cuando el proceso no lo exija estrictamente (ALMANDOZ, 2007 p. 4).

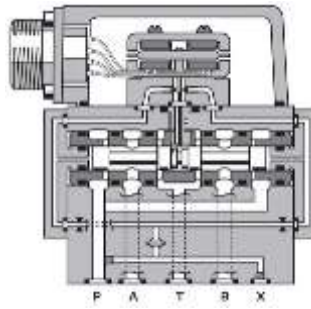


Figura 4-2: Esquema de una servoválvula.

Fuente: (Hidráulica y Neumática , 2019)

2.4 Sistema oleohidráulico

Para representar los movimientos y transmisión de energía es necesario formar un sistema o circuito hidráulico, el mismo se refiere al conjunto de elementos formados por una bomba, depósito o tanque y un conjunto de tuberías que llevan el fluido hasta un actuador que cumple la función designada. (CREUS, 2007 p. 11)

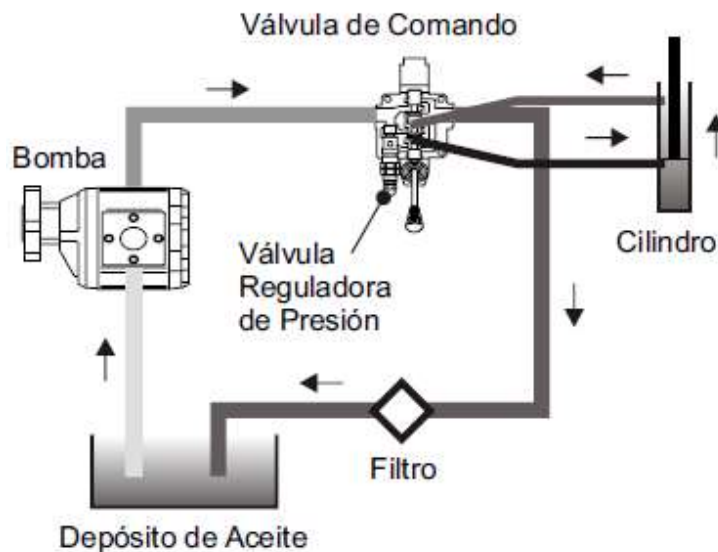


Figura 5-2. Circuito hidráulico básico.

Fuente: (SOHIPREN S.A, 2005 p. 6)

2.4.1 Fluido Hidráulico

El fluido hidráulico se define como cualquier sustancia capaz de transmitir potencia mediante la circulación en una centralita hidráulica generando presión y caudal hasta el punto de desarrollo del trabajo. El fluido más utilizado en la actualidad es el aceite mineral que con algunos aditivos mejora las propiedades del mismo, pero no solo se utiliza este tipo de líquidos si no también, en aplicaciones especiales se usa agua-glicol, estereofosfatos, hidrocarburos clorados, siliconas y

muchos más que van surgiendo con el paso del tiempo y nuevas investigaciones en este campo (SERRANO, 2002).

Este fluido debe ser capaz de cumplir con cuatro funciones principales mismas que son transmitir potencia, lubricar las piezas móviles, minimizar las fugas y disipar el calor. Además, entre las principales características que deben tener estos fluidos está refrigerar, lubricar, proteger las piezas contra la corrosión, soportar altas presiones y temperaturas sin evaporarse, absorber el ruido y las vibraciones (DELNERO, 2010 p. 2).

Tabla 1-2: Tipos de fluidos hidráulicos.

Líquido de base acuosa		
Aceite mineral de agua	15% aceite	Temp: 10° C a 70° C
Agua en aceite mineral	50% aceite	Temp: 10° C a 70° C
Agua con glicerina	50% Glicerina	Temp: -45° C a 65° C
Glicol- Agua	35% a 60% de agua , resto alcohol	Temp: -15° C a 60° C
Líquidos sintéticos		
Esfereofosfatados	Temp: -55° C a 150° C	
Siliconas	Temp: -55° C a 150° C	
Aceites minerales y vegetales		
Tienen el inconveniente de degradarse con la temperatura, siendo su temperatura de trabajo entre 10° C a 100° C		

Fuente: (DELNERO, 2010 p. 2)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

2.4.2 Depósito

También llamado tanque de aceite, desempeña diferentes funciones tales como servir de depósito de aspersión e impulsión del sistema de bombeo, sirve de reservorio, la separación del aire, refrigeración por simple transferencia de calor de fluido hidráulico con las paredes exteriores y no menos importante sirve como base para el motor de la bomba hidráulica. Cabe mencionar que se debe diseñar de tal manera que cumpla adecuadamente las funciones antes mencionada para evitar anomalías en el sistema (ALMANDOZ, 2007 p. 18).

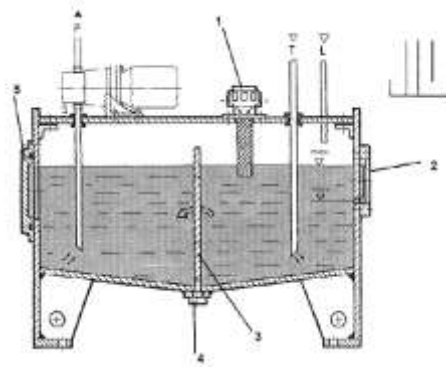


Figura 6-2. Tanque hidráulico.

Fuente: (ALMANDOZ, 2007 p. 19)

En la figura 6-2 se muestra el esquema de un depósito o reservorio de aceite con las siguientes partes:

- (1) Filtro de llenado y aireador.
- (2) Visor de nivel máximo y mínimo.
- (3) Placa separadora retorno-aspiración.
- (4) Tapón de vaciado
- (5) Tapa de limpieza

Los depósitos pueden existir de dos tipos que son:

2.4.2.1 *Tanque presurizado.*

Está completamente sellado. La presión atmosférica no afecta la presión del tanque. Sin embargo, a medida que el aceite fluye por el sistema, absorbe calor y se expande. La expansión del aceite comprime el aire del tanque. El aire comprimido hace que el aceite fluya del tanque al sistema. Cuando la presión del tanque alcanza el ajuste máximo de presión de la válvula de alivio de vacío, la válvula se abre y descarga el aire atrapado a la atmósfera (MORENO, 2015).

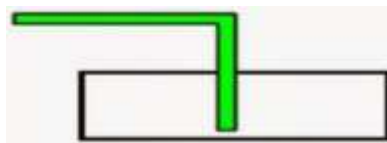


Figura 7-2. Tanque presurizado

Fuente: (MORENO, 2015)

2.4.2.2 *Tanque no presurizado.*

El tipo de tanque más frecuente es el no presurizado, este se encuentra a presión atmosférica pero no descubierto, además posee un filtro de aire o separador para evitar que el aceite se contamine de polvos o partículas indeseadas (DE LAS HERAS, 2011 p. 370).

El depósito no presurizado tiene un respiradero que lo diferencia del anterior. El respiradero permite que el aire entre y salga libremente. La presión atmosférica que actúa en la superficie del aceite obliga al aceite a fluir del tanque al sistema, el respiradero tiene una rejilla que impide que la suciedad entre al tanque (MORENO, 2015).

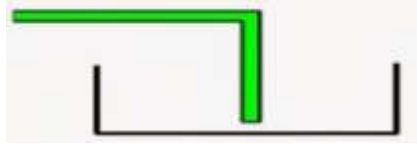


Figura 8-2: Tanque no presurizado

Fuente: (MORENO, 2015)

2.4.3 *Bomba*

Las bombas hidráulicas son elementos esenciales en los circuitos hidráulicos, se encargan de impulsar el fluido convirtiendo en energía mecánica brindada por el eje del motor en energía hidráulica (CEMBRANOS NISTAL, 2002 p. 144).

Las bombas hidráulicas que se utilizan son:

- Bomba de desplazamiento positivo que entrega un volumen de líquido cada ciclo. Cuando se cierra la impulsión, la presión aumenta, por lo tanto, se hace necesario una válvula reguladora de presión y de seguridad (CREUS, 2007 p. 206)
- Bomba de desplazamiento volumétrico se caracterizan por adquirir la presión como producto de la resistencia encontrada por el actuador en su movimiento y por pérdidas encontradas por el fluido en si recorrido (DE LAS HERAS, 2011 p. 168)

Las bombas hidráulicas se dividen en dos tipos, según el caudal que entregue al sistema:

- Bombas de caudal fijo.
- Bombas de caudal variable.

2.4.3.1 *Bombas de caudal fijo*

Este tipo de bomba siempre entregan el mismo caudal al sistema; es decir, la misma medida volumétrica por unidad de tiempo salvo que se varié la velocidad de giro del motor, se utiliza en sistemas auxiliares y aplicaciones donde el requerimiento de presión sea bajo (CEMBRANOS NISTAL, 2002 p. 132).

2.4.3.2 *Bomba de caudal variable.*

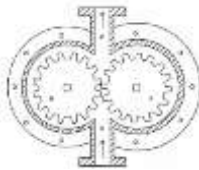
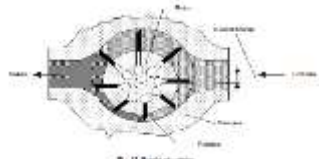
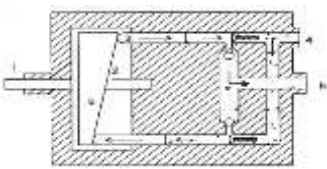
Las bombas de caudal variable poseen la particularidad de variar el caudal erogado sin disminuir la velocidad de giro del eje del motor. Son las más utilizadas en los sistemas hidráulicos ya que

brindan presiones mayores a las proporcionadas por las bombas de caudal constante (CEMBRANOS NISTAL, 2002 p. 132).

Las diferentes bombas atienden a su forma constructiva se clasifican en:

- Bombas de engranajes.
- Bombas de paletas.
- Bombas de pistones.

Tabla 2-1: tipos de bombas según la forma constructiva.

<p>Bombas de engranajes</p>		<p>Son sencillas económicas. Son de caudal fijo, los dientes engranados impelen el líquido de sus cámaras al espacio P y evitan que regresen a la entrada S. Existen de engranajes internos y externos.</p>
<p>Bombas de paletas</p>		<p>Este tipo de bomba funciona mediante el deslizamiento de un número de paletas en el interior de ranuras que se encuentran alojados en el interior de un anillo que rota a la vez.</p>
<p>Bombas de pistones</p>		<p>Son muy utilizadas en la actualidad, existen de pistones axiales y radiales. Las bombas de pistones axiales se disponen paralelos entre sí de forma circunferencial formando una especie de tambor, estos se desplazan mediante una placa.</p>

Fuente: (CEMBRANOS NISTAL, 2002 pp. 132-133)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

El tipo de bombas idóneas para prestar tal servicio son las de desplazamiento positivo, es decir, aquellas que están basadas en el teorema de Pascal. (ALMANDOZ, 2007 p. 23)

2.4.4 Filtros

Cuando se trata del filtrado de un fluido se debe tomar en cuenta que es la parte más importante del mantenimiento de un circuito hidráulico, ya que evitar el paso de partículas metálicas desprendidas de las tuberías, válvulas o cilindros y partículas de polvo aseguran un correcto funcionamiento de sistema como tal. (ALMANDOZ, 2007 p. 33)

Los filtros tienen función principal retener partículas y contaminantes insolubles en el fluido, esto se realiza mediante el uso de un material poroso. El principal objetivo de utilizar un filtro es alargar la vida útil de la instalación, debido a que se trabaja con un fluido limpio y no contaminado. (DELNERO, 2010 p. 7)

También se debe tener en consideración para elegir un filtro correcto el nivel de filtración, presión de trabajo, caudal, pérdidas de carga, frecuencia en el mantenimiento, la superficie filtrante, etc.

Entre los principales tipos de filtros se encuentran según su ubicación en el sistema hidráulico:

- Filtro de ambiente
- Filtro de superficie
- Filtro de aspiración
- Filtro de retorno

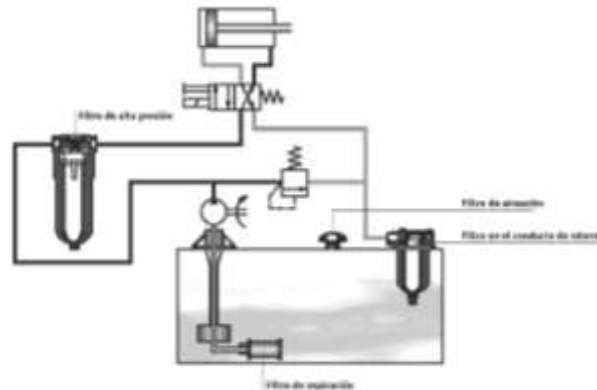


Figura 9-2. Tipos de filtros según su colocación.

Fuente: (ALMANDOZ, 2007 p. 34)

2.4.5 Válvulas hidráulicas y accesorios

Las válvulas son aquellos elementos que permiten gobernar los sistemas hidráulicos, impiden el paso del fluido y regulando la presión. Estas se representan por medio de símbolos en los circuitos que obedecen al funcionamiento del elemento normalizado según ISO 219 (CEMBRANOS NISTAL, 2002 p. 135).

Según (ALMANDOZ, 2007 p. 45), en función de su uso se dividen en:

- Direccionales o distribuidoras (señalan el camino que debe seguir el fluido)
- De bloqueo (impiden o controlan la circulación del fluido en uno de los sentidos)
- De presión (controlan la presión)
- De flujo (controlan el caudal)

2.4.5.1 Válvulas direccionales o distribuidoras

La mayoría de válvulas basan su funcionamiento en el desplazamiento de un vástago dentro de un alojamiento que es sensible a la presión, haciendo que, según la posición y el flujo se dirija a un orificio de salida (SOHIPREN S.A, 2005 p. 20). Sirven para controlar el arranque, la parada y el sentido de marcha de los cilindros, existen de asiento y corredera, con análogas características, ventajas, inconvenientes y aplicaciones (ALMANDOZ, 2007 p. 45).

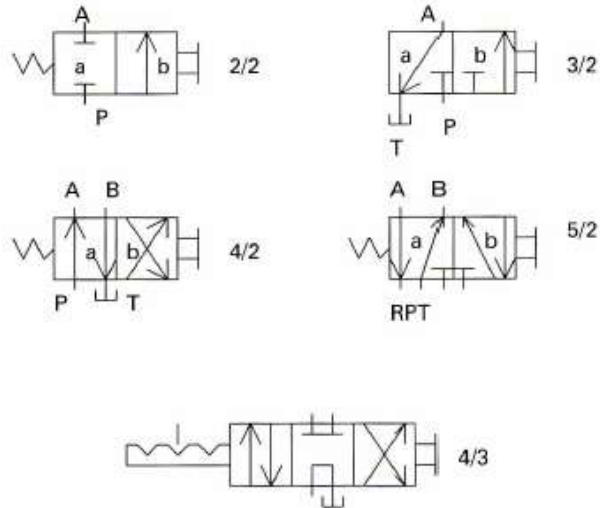


Figura 10-2. Símbolo de las válvulas distribuidoras.

Fuente: (CEMBRANOS NISTAL, 2002 p. 136)

En la simbología de estas válvulas DIN-ISO 1219 y CETOP (Comité Europeo de transmisiones oleohidráulicas y neumáticas), se utiliza la siguiente nomenclatura:

Tabla 2-2: Simbología de válvulas distribuidoras

ISO 1219 Alfabética	CETOP Numérica	Función
P	1	Conexión de aire comprimido (alimentación)
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías o vías de trabajo con letra mayúsculas
R, S, T	3, 5, 7	Orificio de purgas o escapes
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotajes o accionamientos
L	9	Fuga

Fuente: (CREUS, 2007 p. 52)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Las válvulas proporcionales disponen de un solenoide que proporciona un desplazamiento del émbolo proporcional a la corriente que pasa a través de la bobina solenoide.

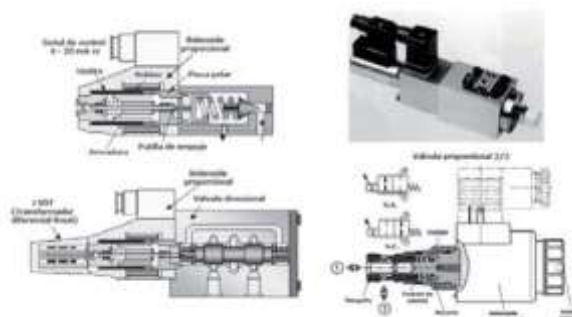


Figura 11-2. Válvula proporcional

Fuente: (CREUS, 2007 p. 173)

2.4.5.2 Válvulas de Bloqueo

Este tipo de válvula cortan el paso del fluido y están diseñados de tal forma que el líquido actúa sobre el obturador reforzando el efecto de cierre. Se utilizan cuando se requieren posiciones intermedias del pistón o a su vez desempeña la función de seguridad (CREUS, 2007).



Figura 12-2. Válvula de bloqueo.

Fuente: (CREUS, 2007 p. 80)

Una válvula de bloqueo muy utilizada en los circuitos hidráulicos es:

- **Anti-Retorno.** - este tipo de válvulas son normalmente cerradas por medio de un cono o una bola presurizada contra su asiento mediante un resorte, el fluido actúa en contra posición del resorte haciendo que la dirección de circulación del líquido sea hacia la vía opuesta. Todas estas válvulas precisan de una presión mínima para poder abrirse (SOHIPREN S.A, 2005)

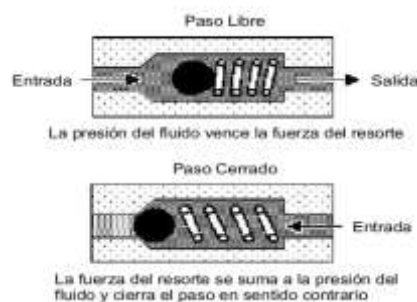


Figura 13-2. Válvula anti-retorno
(abierta y cerrada)

Fuente: (SOHIPREN S.A, 2005 p. 20)

2.4.5.3 Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas reguladoras de presión controlan la presión del fluido en un circuito cuyo valor puede ser de cero a un máximo según proporcione la red de distribución. La regulación de la presión se efectúa cuando se comprime más o menos el resorte que viene incorporado en dicha válvula como un tornillo roscado (SERRANO, 2011 p. 162).

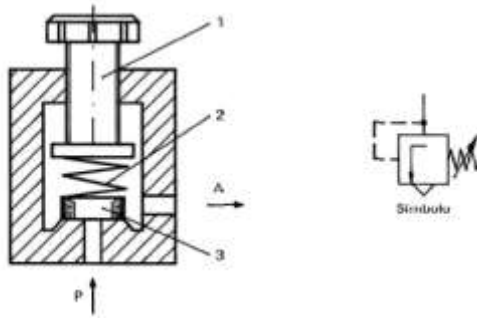


Figura 14-2. Válvula reguladora de presión.

Fuente: (SERRANO, 2011 p. 162)

Las válvulas de seguridad son indispensables en los circuitos hidráulicos que disminuyen la presión cuando esta permanece abierta, el resorte vence la presión y cierra el paso de fluido. Pueden ser consideradas como válvulas de limitadoras de presión puesto que impiden el aumento de la presión máxima en el circuito. (CREUS, 2007 p. 79)

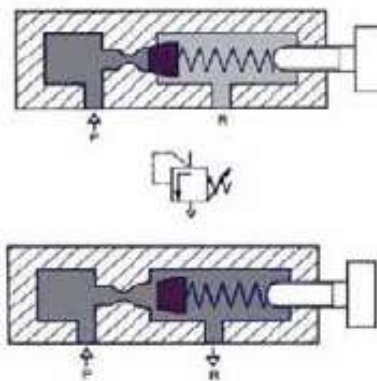


Figura 15-2. Válvula de seguridad.

Fuente: (CREUS, 2007 p. 80)

2.4.5.4 Válvulas de Caudal

Las válvulas de caudal se encargan de delimitar el volumen de líquido por unidad de tiempo que circula a través del sistema, es decir según se va abriendo el mando de regulación este incrementa el caudal. Estas válvulas tienen muchas aplicaciones en los sistemas hidráulicos, variando la velocidad de los movimiento como por ejemplos los cilindros oleohidráulicos (SOHIPREN S.A, 2005 p. 24).

Cuando se trata de regular el caudal existen válvulas que estranguladoras que funcionan de la diferencia de presiones entre líquido arriba y líquido abajo, pudiendo depender, o no, de la viscosidad. Las válvulas reguladoras no dependen de la diferencia de presiones para mantener constante el caudal, haciendo que la velocidad en los actuadores sea constante. (ALMANDOZ, 2007 p. 112).

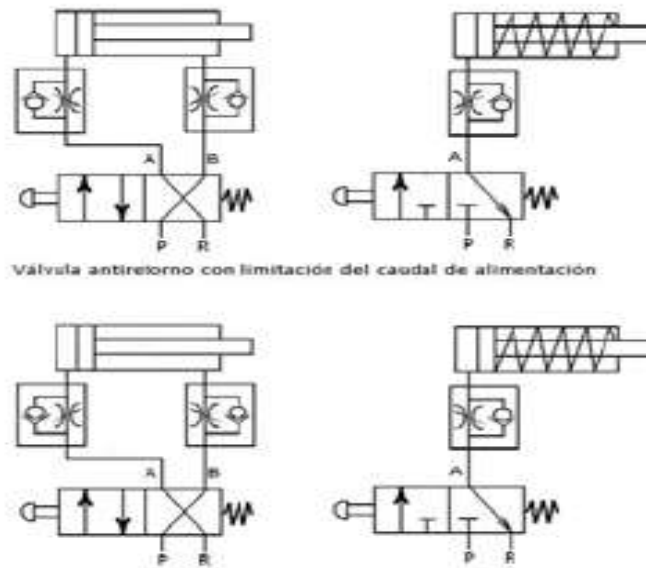


Figura 16-2. Regulación de velocidad por limitación del caudal de alimentación.

Fuente: (CREUS, 2007 p. 82)

2.4.6 Actuadores hidráulicos

Los actuadores o también conocidos como accionadores son elementos que transforman la energía hidráulica proporcionada por la bomba, regulada y controlada en energía mecánica. (ROCA R., 1997 p. 89)

Según el movimiento y el trabajo que realicen, estos se pueden agrupar en:

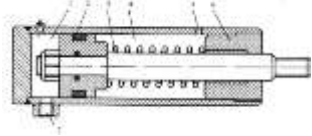
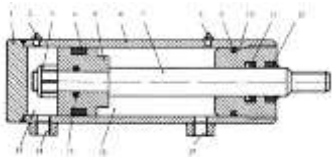
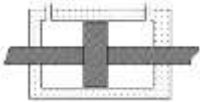
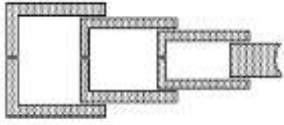
- Lineales: cilindros
- Rotativos: Motores

2.4.6.1 Cilindros

Los cilindros son actuadores que transforman la energía hidráulica en una fuerza lineal, se utilizan en donde se requiere grandes fuerzas de empujes y desplazamiento. (ROCA R., 1997 p. 89)

Los cilindros se clasifican como: Cilindros de simple efecto o de doble efecto, de doble vástago, telescópicos.

Tabla 4-2: Clasificación de cilindros.

Cilindro	Descripción
<p>Simple efecto</p> 	<p>El fluido sale y entra por una sola cámara y su movimiento en sentido contrario se realiza por fuerzas externas al propio sistema hidráulico.</p>
<p>Cilindros de doble efecto</p> 	<p>Se denomina así porque es accionado por el fluido hidráulico en ambos sentidos, lo que significa que puede ejercer fuerza en cualquier sentido de movimiento.</p>
<p>Cilindro de doble vástago</p> 	<p>Se utilizan donde es ventajoso acoplar una carga a cada uno de los extremos del vástago o cuando sea necesario que la velocidad en los dos sentidos de movimiento sea la misma.</p>
<p>Cilindro tipo telescópico</p> 	<p>Se utiliza un cilindro telescópico en caso de necesitar carreras de cilindro largas y en un espacio reducido, cuando su longitud comprimida tiene que ser menor que la que se obtiene con un cilindro estándar.</p>

Fuente: (DELNERO, 2010 p. 15) y (ROCA R., 1997 pp. 90-91)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

2.4.6.2 Motores de giro Oscilante

Estos motores producen un par de giro en ambos sentidos, con un ángulo de rotación limitado. Consisten, como puede observarse en la figura 3-2, es un cilindro que dispone interiormente de una barra en cremallera limitada por dos émbolos; al introducir el aceite por uno otro lado del cilindro la cremallera arrastra a un piñón, que a su vez hace girar el elemento deseado. (ALMANDOZ, 2007 pp. 42-43)

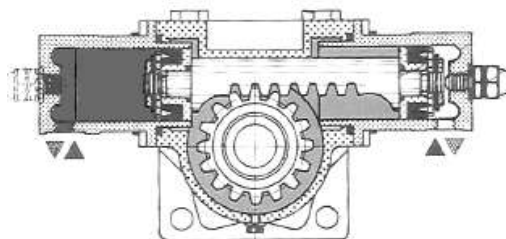


Figura 3-2. Motor de giro oscilante

Fuente: (DELNERO, 2010 p. 43)

2.4.6.3 *Motores Rotativo*

Como se ha dicho anteriormente las bombas de desplazamiento positivo son en su mayor parte reversibles, es decir, pueden funcionar como motores hidráulicos con giro continuo.

Los motores hidráulicos convierten la energía hidráulica en energía mecánica. Para un tamaño determinado la diferencia de presión determinará el par del motor mientras que el caudal definirá la velocidad de giro. Obviamente la potencia es el producto del par por la velocidad de giro. (DELNERO, 2010 pp. 43-44).

2.5 Representación esquemática de los mecanismos

El accionamiento de una máquina mediante un sistema oleohidráulico surge con la necesidad de realizar trabajos de precisión y elevadas fuerzas, puesto que los sistemas hidráulicos son una solución para la transmisión de energía. Son los actuadores lineales o giratorios, los encargados de realizar los movimientos requeridos y transmitir esfuerzos necesarios. (SERRANO, 2011 p. 57)

Para la representación de cualquier sistema hidráulico, primero se debe plantear el tipo de maquinaria de una forma simple y esquemática a los mecanismos, elementos motrices que se van a emplear. Así antes del esquema final se deberá pasar por un proceso previo, se debe establecer de forma gráfica el trabajo que se va a realizar, y desarrollo de frecuencias o fases que componen un ciclo. Así por ejemplo una máquina automática para conformar una pieza de chapa delgada. El operador se encargará de depositar el disco de chapa metálica en la matriz de conformado, después accionará el botón de encendido, mismo que dará inicio al primer cilindro doble efecto (A) para desplazar la matriz a una determinada distancia inmediatamente el cilindro (B) procede a actuar de manera que realiza una carrera positiva y negativa en determinado tiempo, asegurando que la chapa este conformada en la matriz, posterior a esta acción el cilindro (C) cumplirá la función de expulsión de la pieza conformada. (SERRANO, 2011 p. 58)

A continuación, en la figura 4-2 se puede visualizar el esquema básico del circuito, donde se aprecia la función de cada cilindro y la chapa en la matriz. A partir del esquema se puede establecer las diferentes etapas de los cilindros, para esto se recomienda generar una tabla como la indicada en la figura 4-3. (SERRANO, 2011 p. 58)

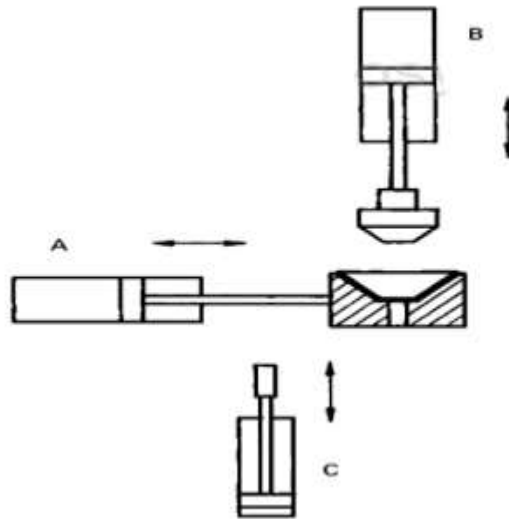


Figura 17-2. Representación esquemática del mecanismo.

Fuente: (SERRANO, 2011 p. 57)

A partir del esquema se puede establecer las diferentes etapas de los cilindros, para esto se recomienda generar una tabla como la indicada en la figura 18-2, donde el movimiento de salida del vástago será representado por el signo (+), y el movimiento de retroceso, por el signo (-), siendo así las secuencias de movimiento las que se muestran en el cuadro de la figura. (SERRANO, 2011 p. 57)

Etapa	Actuador		
	A	B	C
1	+		
2		+	
3		-	
4	-		
5			+
6			-

Figura 18-2. Secuencias de movimientos.

Fuente: (SERRANO, 2011 p. 57)

2.6 Diagramas de funcionamiento

Los diagramas de funcionamientos en sistemas oleohidráulicos son aquellos que nos indican las posiciones y movimientos realizados por los actuadores y el estado de activación o desactivación

de los elementos que conforman el circuito, tales como, señales de mando dentro de un circuito de trabajo. Estos diagramas de funcionamiento para un ciclo de trabajo son (VÁSQUEZ, et al., 2015 p. 127):

- Diagrama de movimiento espacio-fase
- Diagrama de movimiento espacio-tiempo
- Diagrama de señales de mando

2.6.1 Diagrama espacio-fase (DEF)

Este diagrama es el encargado de representar los movimientos del vástago del cilindro, es decir, si está en repliegue o en extensión, sin tomar en cuenta el tiempo que demore en efectuar dicha acción. (VÁSQUEZ, et al., 2015 p. 128)

Pasos para la elaboración de un diagrama espacio-fase:

- Dibujar dos líneas horizontales paralelas por cada actuador en el circuito, el espacio designado entre ellas será el recorrido del vástago desde la posición inicial a la posición final.
- Las líneas anteriores deben ser cortadas por líneas perpendiculares equidistantes, misma que, representan los pasos o fases del ciclo que previamente se debió determinar.
- A la izquierda del diagrama se indica el actuador con su letra de identificación y los signos (+) como indicador de la posición de salida del cilindro, y con el signo (-) para indicar que el actuador lineal se encuentra en repliegue.
- Entre las dos líneas perpendiculares se trazan líneas que indican el movimiento o no del vástago, esto puede ir del signo (+) al (-). Cuando no hay movimiento se dibuja una línea horizontal entre fase si este fuese requerido como se muestra en la figura 19-2. (VÁSQUEZ, et al., 2015 p. 128)

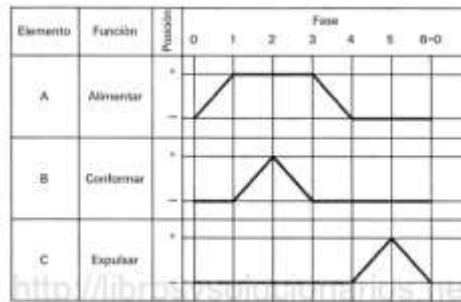


Figura 19-2. Diagrama espacio-fase.

Fuente: (SERRANO, 2011 p. 59)

2.6.2 Diagrama espacio-tiempo (DET)

Los diagramas espacio-tiempo se utilizan cuando la velocidad de los actuadores es un factor de diseño importante. El espacio recorrido por el vástago del cilindro es grafico en función del tiempo, el cual se indica en el eje de las abscisas. (VÁSQUEZ, et al., 2015 p. 129)

Los pasos para su elaboración son los mismo de los diagramas espacio-fase.

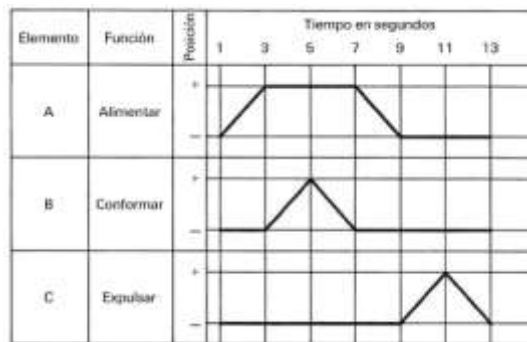


Figura 20-2. Diagrama espacio-tiempo.

Fuente: (SERRANO, 2011 p. 59)

2.6.3 Diagramas de señales mando. (DSM)

Este tipo de diagramas se utiliza para mostrar el estado de activación de los elementos: pulsadores, sensores, elementos de control, etc., en función de las fases del ciclo hidráulico. Su representación es similar al espacio-fase, utilizando para cada señal de mando dos líneas paralelas separadas una distancia menor a las de los diagramas. La línea superior se marca el número 1, significa la activación y, la línea inferior con el número 0, que significa desactivación de elemento de mando o control. (VÁSQUEZ, et al., 2015 p. 130)

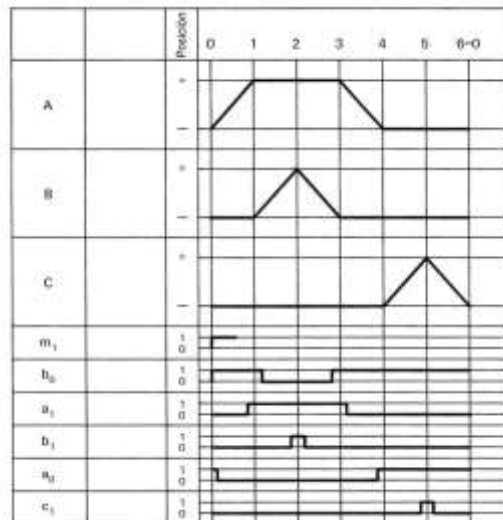


Figura 21-2. Diagrama de señal de mando.

Fuente: (SERRANO, 2011 p. 61)

2.7 Métodos de Generación de Secuencias de cilindros hidráulicos.

El diseño de circuitos neumáticos e hidráulicos requieren de métodos que faciliten su implementación. La formulación del grado de automatización en las instalaciones debe ser planteado con el objetivo de obtener el máximo grado de automatización a bajos costos, por lo cual se utilizan herramientas de diseño de los circuitos. (CREUS, 2007 p. 321)

Los pasos necesarios son:

1. Funciones necesarias y requisitos a cumplir.
2. Componentes requeridos para realizar las funciones.
3. Sistema de control de los actuadores (válvulas distribuidoras, reguladoras de caudal, de bloqueo y reguladoras de presión y elementos de control).
4. Forma de conexión entre los cilindros y las válvulas (racores, tubos flexibles o rígidos, silenciadores, transmisión de energía, roscas)
5. Generación del aire comprimido/presión hidráulica y las unidades de mantenimiento, filtros, secadores, lubricadores, reguladores de presión.
6. Secuencias de los movimientos y transmisión de las señales.

2.7.1 Método Intuitivo

En los circuitos de mando, las válvulas distribuidoras de dos posiciones reciben señales de pilotaje que las sitúan en una posición o la otra para así accionar los cilindros con el vástago saliendo o retrayéndose. Este método es funcional para circuitos simples, en caso de circuitos complejos se

utiliza el método de cascada, paso a paso y secuenciador que pueden ser implementados por circuitos eléctricos o PLCs. (CREUS, 2007 p. 326).

2.7.2 *Método de Cascada*

El método cascada se usan dos conjuntos de válvulas direccionales, uno trabajando sobre los actuadores, formado por tantas válvulas como cilindros y otro sobre un banco de memoria formado por un grupo de válvulas cascadas que suministran aire a presión a las líneas de los grupos que pueden estar en ON o OFF. (CREUS, 2007 p. 334)

2.7.3 *Método paso a paso*

El método paso a paso recibe el nombre porque durante el funcionamiento un grupo es activado por el grupo anterior y desactivado por el siguiente. Es similar al método cascada se establece la secuencia o sucesión de movimientos a realizar. Se divide la secuencia de movimientos en grupos, de tal modo que en los grupos no haya ninguna letra repetida y que el número de grupos sea el menor posible, cada grupo es activado por el grupo anterior. (CREUS, 2007 pp. 339-340)

2.7.4 *Método secuenciador*

En circuitos secuenciales complejos con movimientos que se repiten durante la evolución de la secuencia, es de interés aplicar circuitos secuenciadores o de cadenas secuenciales modulares formados por un conjunto de módulos adosados que excitan individualmente cada una de las fases que componen la secuencia. Hay un módulo inicial que recibe las condiciones iniciales de la secuencia para el inicio de la operación y uno final que indica que la secuencia ha terminado satisfactoriamente. (CREUS, 2007 p. 343)

2.8 Lenguajes de programación para PLC

Los circuitos de secuencias de cilindros neumáticos o hidráulicos además de ser controlados por métodos como, paso a paso, cascada y secuenciador; estos pueden ser complementados con sistemas eléctricos o PLC, mismos que serán representados utilizando la simbología de la norma ISO 1219-2. Un PLC puede controlar todo el circuito hidráulico, pero con la ventaja de ser modificable. (CREUS, 2007 p. 354)

La programación de un PLC se basa en la norma de estandarización de programas IEC-61131-3 con cuatro lenguajes que son los más utilizados:

- Lenguaje de contactos (ladder).
- Lenguaje lista de instrucciones.
- Lenguaje literal estructurado
- Lenguaje Grafcet.

2.8.1 *Lenguaje de contactos (ladder)*

El lenguaje de contactos o también conocido como diagrama escalera copia la estructura de los diagramas eléctricos, representando una red de contactos que el autómata ejecuta secuencialmente. En la red existen dos barras de potencial por donde la corriente circula de izquierda a derecha, posee dos zonas, la zona de prueba que describe las condiciones necesarias para la acción y la acción que aplica el resultado consecutivo a un encadenamiento de prueba. (CREUS, 2007 p. 355)

Es un lenguaje gráfico que representa mediante símbolos basados en la norma NEMA a contactos, solenoides, enlaces, etc., identificados con la correspondiente dirección de una variable de entrada o salida y combinada convenientemente, permite definir la condición de estado de una variable de salida. Así pues, se puede expresar las secuencias de control de forma gráfica empleada en la tecnología de relés. (MAYOL, 1987 p. 67):

Las funciones básicas se expresan mediante combinaciones de los siguientes símbolos-instrucción: (MAYOL, 1987 p. 67)

-] [- Contacto NA: variable discreta de E/S o interna.
-]/[- Contacto NC: variable discreta completada.
- ()- Salida: variable discreta de salida o interna.

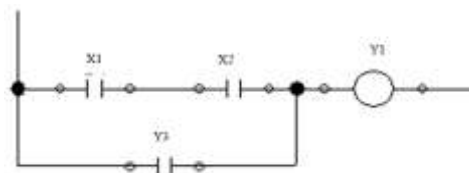


Figura 22-2: Función lógica de la variable y en esquema de contactos.

Fuente: (MAYOL, 1987 p. 68)

En este lenguaje se puede incorporar otras funciones que implica la utilización de expresiones literales descriptivas de dichas funciones integradas en el esquema de contactos. (MAYOL, 1987 p. 68)

-] CMP< [- Comparación (menor que)
-] GET[- Lectura del valor (dato) de un registro
- (+) - Ejecuta la operación adición
- (JSB) - Salto a subrutina
- (TON) - Temporalizador de retardo a la activaciones

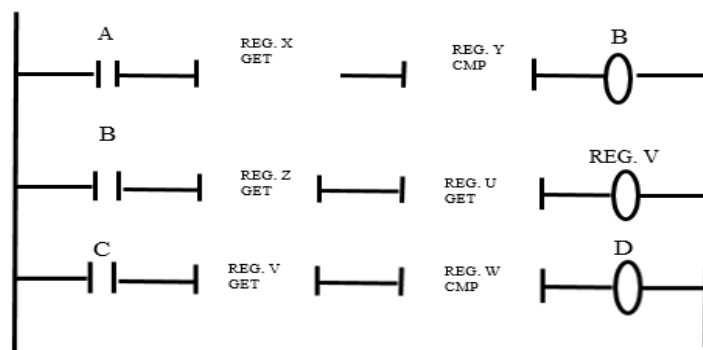


Figura 23-2. Funciones complejas en esquemas de contactos.

Fuente: (MAYOL, 1987 p. 68)

2.8.2 Lenguaje de lista de instrucciones

Está formado por una serie de instrucciones ejecutadas secuencialmente por el PLC, se estructura de la misma forma que el lenguaje de contactos porque las instrucciones se organizan en secuencias. Dispone de dos tipos de códigos de instrucciones, el de prueba que equivale a la zona de prueba del lenguaje de contactos (AND, OR..etc..) y después de haber pasado por el enlace de prueba se ejecuta el código de acción (ST, STN, R, JMP, etc).

Este lenguaje es de bajo nivel igual que el lenguaje ensamblador, se puede realizar solo una acción por línea, por lo tanto, es adecuado para pequeñas aplicaciones y para optimizar partes de una aplicación. (AGUILERA, 2002 p. 43)

000	LD	%I0.1	Bp. inicio ciclo
	AND	%I0.0	Dp. presencia vehículo
	AND	%M3	Bit autorización reloj calendario
	AND	%I0.5	Fc. alto rodillo
	AND	%I0.4	Fc. detrás pórtico
005	S	%M0	Memo inicio ciclo
	LD	%M2	
	AND	%I0.5	
	OR	%I0.2	Bp. parada ciclo
	R	%M0	
010	LD	%M0	
	ST	%Q0.0	Piloto ciclo

Figura 24-2: Secuencia que describe un listado de instrucciones.

Fuente: (AGUILERA, 2002 p. 43)

2.8.3 *Lenguaje literal estructurado*

Este lenguaje es igual que el de lista de instrucciones de tipo booleano, es de alto nivel y estructurado. Está basado en código C, incluyendo sentencias típicas de selección (IF-THEN-ELSE) y de interacción (FOR, WHILE T REPEAT), además de otras funciones específicas para aplicaciones de control; resultando muy sencillo para gestionar tablas, funciones aritméticas, etc. (VILLARUEL, 2005)

```

LD      [%MW10>100]
ST      %Q0.3
AND     [%MW20<%MW35]
ST      %Q0.2
LD      %I0.2
OR      [%MW30>=%MW40]
ST      %Q0.4

```

Figura 25-2. Programa en texto estructurado

para PLC Telemecanique TSX-07

Fuente: (VILLARUEL, 2005)

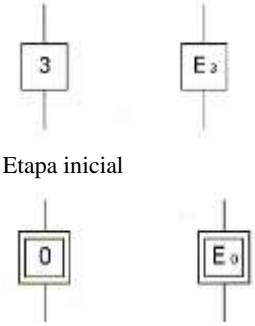


2.8.4 *Lenguaje Grafcet*

De los lenguajes de programación de PLC, GRAFCET es un método gráfico para modelar el comportamiento de un automatismo secuencial. Nació en el año 1977 creado por un grupo de trabajo de la 1^a AFCET (*Association Française por la Cybernétique Economique et Technique*) y fue adoptado en 1982 por la norma francesa UTE NF C 03-190 nombrado como GRAFCET (*Graphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions*) para la descripción de sistemas lógicos de comandos. En 1990 fue internacionalizado por la IEC bajo el nombre de IEC 848. Diagrama funcional. Y en 2002 aparece el nombre de grafcet en la norma IEC 60848 Ed. 2 “Grafcet Specification Language for Sequential Function Chart”. (CREUS, 2007 p. 357)

En la actualidad es una herramienta imprescindible cuando se trata de automatizar procedimientos secuenciales con autómatas programables, describe en un diagrama funcional la evolución del proceso que se pretende automatizar, indicando la acciones que se deberán realizar sobre él y que

informaciones la provocan. Se emplea en la automatización facilita el dialogo entre personas con diferentes niveles de información técnica, tanto en el momento del análisis del proceso a automatizar, como el mantenimiento y reparaciones de disfuncionalidades del sistema. (CEMBRANOS NISTAL, 2002 p. 78)

Tabla 5-2. Símbolos normalizados y funciones.

Símbolos	Nombre	Descripción
 <p>Etapa inicial</p>	Etapa	<p>Es el nexo de unión entre las actuaciones que hay que hacer sobre el proceso (activar un motor, cerrar una válvula, etc.) y el programa de usuario, guardado en el autómatas. Por tanto, la evolución del proceso estará formado por una serie de etapas y cada una de ellas llevara asociada una o varias acciones y se representan con cuadrados y un número dentro del mismo o una E con el número como subíndice.</p> <p>La etapa inicial se representa con doble cuadrado</p>
	Transiciones	<p>Permiten evolucionar de una etapa a la otra y se representan gráficamente por una línea horizontal, dos etapas no pueden estar sin una transición. A cada transición le corresponde una receptividad, es decir, la condición que deberá ser cumplida para pasar a la siguiente etapa.</p>
	Acciones	<p>Se asocian a las etapas y pueden ser continuas o puntuales.</p> <p>Continuas</p> <p>Básica. - se ejecuta mientras la etapa esta activa.</p> <p>Condiciona. - acción continua que se somete a una condición.</p> <p>Temporalizada. - condicionada con una acción temporal, ya sea, de retardo de activación o de desactivación.</p> <p>Puntuales</p> <p>A la activación. - cuando la acción se realiza una sola vez, siempre y cuando la etapa se activa.</p> <p>A la desactivación. - cuando la etapa se desactiva.</p> <p>Al franqueo. - asociada al franqueo de una transición.</p> <p>Al evento. - asociada a cualquier evento puntual.</p>

Fuente: (CEMBRANOS NISTAL, 2002 p. 79) & (BARRIENTOS, et al., 2018 p. 45)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

2.8.4.1 Reglas de evolución del Grafcet

A continuación, se muestra un resumen de las reglas básicas que hay que tener en cuenta para aplicar Grafcet. (BARRIENTOS, et al., 2018 p. 47)

- El proceso se descompone en etapas que será activadas de forma secuencial.
- Una o varias acciones se asocian a cada etapa. Las acciones están activas cuando las etapas estén activas.
- Una etapa esta activa cuando la precedente lo está y la condición de transmisión entre ambas etapas ha sido activada.
- La etapa inicial E_0 tiene que ser activada antes de que se inicie el ciclo del Grafcet; un ciclo está formado por todas las etapas posteriores de la etapa inicial.

2.8.4.2 Ejemplo.

Se tiene un ciclo que consiste en un taladro automático, el operario deberá posesionar en las mordazas la pieza a taladrar y accionar el pulsador para inicializar el proceso. Empieza el ciclo con el taladro girando a en sentido positivo y simultáneamente desciende. Al mismo tiempo, para facilitar el taladrado, se aporta un lubricante-refrigerante de taladrina. Cuando el taladro llega al final de su recorrido, se invierte su sentido de giro y asciende hasta que llega a su posición superior y se debe retirar la pieza y el sistema queda listo para repetir la pieza. (BARRIENTOS, et al., 2018 p. 47)

El Grafcet contempla el uso de determinadas variantes en el modo de definir y, a su vez, interpretar el comportamiento de las acciones, permitiendo de este modo ampliar las posibilidades de especificación. (BARRIENTOS, et al., 2018 p. 47)

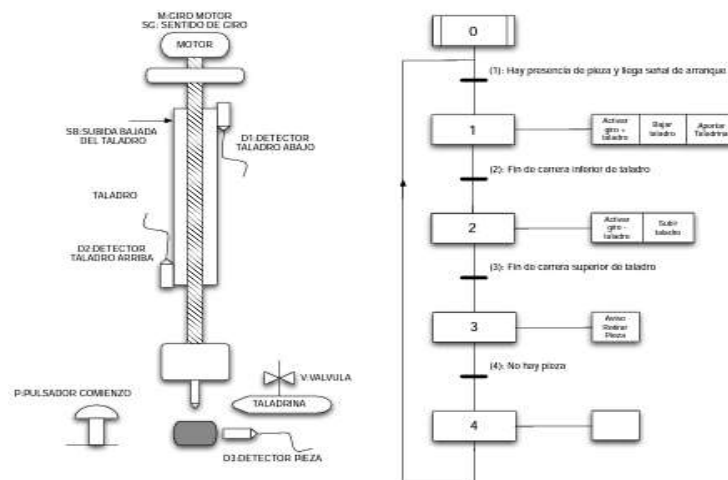


Figura 26-2. Taladro automático

Fuente: (BARRIENTOS, et al., 2018 p. 48)

2.9 Conversión básica de GRAFCET a LADDER

Siempre en la programación de un PLC, se asocia una variable interna (1 bit) a cada etapa (el bit será 1 si está activa y 0 en caso contrario). Las ecuaciones lógicas que forman el programa se encargaran de ir modificando los valores de esos bits, definiendo las etapas activas, en función del valor que va tomando la entrada y del valor que tienen esas mismas etapas, cumpliendo en todo momento las reglas de evolución del Grafcet. Las ecuaciones lógicas se encargarán de definir el valor que deben tomar las salidas en función del valor de las etapas y de las entradas. Las pautas a tener en cuenta para la programación en un PLC mediante el lenguaje escalera son las siguientes: (MONTENEGRO, 2017 pp. 29-30)

1. Inicialización de las etapas iniciales mediante el bit del inicio: Este bloque permite poner en 1 a todos los bloques iniciales de los GRAFCET, poniéndose a 0 los demás, siempre y cuando se desea garantizar el reposo de los GRAFCET.
2. Detección de flacos: Se detectan en las entradas que dan lugar a transiciones por flanco como de las etapas que tienen acciones impulsivas asociadas.
3. Desactivación-activación de las etapas: Se deben tener en cuenta las etapas posteriores y anteriores de las transiciones franqueables. Es precisamente en este bloque donde se puede modificar las etapas.
4. Definición de temporizadores y contadores.
5. Activación de salidas: Se ponen a 1 las salidas asociadas a las etapas activas.

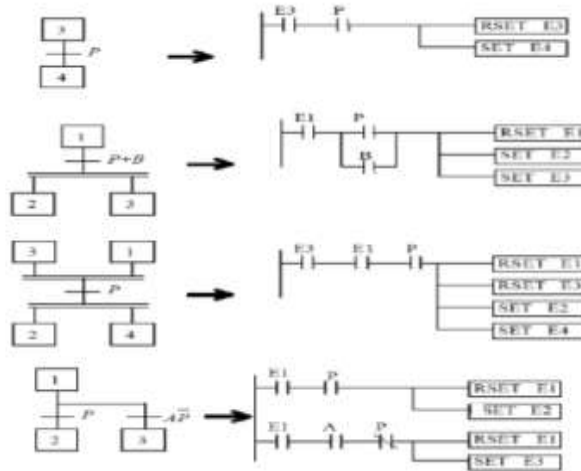


Figura 27-2. Representación básica en LD de las transiciones y etapas GRAFCET.

Fuente: (MONTENEGRO, 2017 p. 30)

2.10 Herramientas de desarrollo Virtual

En la actualidad la disponibilidad de herramientas virtuales ha motivado al desarrollo de nuevos métodos para el inter-aprendizaje, con esta iniciativa nace el desarrollo de diferentes tipos de herramientas virtuales que complementan la experiencia real, para el estudio de procesos presentes en la industria. (MÁRQUEZ, et al., 2010 p. 64) Existen tres diferentes herramientas virtuales y son:

- Laboratorio Remoto
- Laboratorio Virtual
- Laboratorio Remoto Virtual

2.10.1 Laboratorio Remoto (LR)

Los Laboratorios Remotos consiste en realizar el control de un banco de pruebas físico a distancia, con el objetivo de operarlo desde cualquier punto dentro de la red local, obteniendo datos y medidas a través de la red. (MÁRQUEZ, et al., 2010 p. 65)

2.10.2 Laboratorio Virtual (LV)

Los Laboratorios Virtuales consisten en simular los procesos reales que se encuentran en los laboratorios de instituciones educativas a los ordenadores mediante softwares, de tal manera que repliquen de la mejor manera el ambiente de prácticas en bancos reales con programas virtuales al alcance de todos. (MÁRQUEZ, et al., 2010 p. 65)

2.10.3 Laboratorio Remoto Virtual (LRV)

Los Laboratorios Remoto Virtuales consiste en un banco de pruebas físicos, el cual se lo simula mediante softwares que permiten la conexión desde el internet, permitiendo que el aprendizaje se lo realice de manera real sin estar en el Laboratorio pero con todas las facilidades tanto de programación como visualización del proceso en el sistema. (MÁRQUEZ, et al., 2010 p. 65)

La ejecución de actividades prácticas es un aspecto fundamental en el campo de las ingenierías en general y aún más si se las complementa con nuevas tecnologías de automatización y control. Un laboratorio remoto virtual o también conocidos como laboratorios controlados vía Web permite a los usuarios ofrece servicios y prácticas de laboratorio a través de un programa informático, o más específicamente a través de Internet. (DE LA CRUZ, et al., 2010 p. 1)

Los laboratorios remotos virtuales son herramientas tecnológicas formadas por software que se encargan de controlar un proceso mediante hardware permiten al estudiante de manera remota realizar prácticas en los laboratorios como si estuvieran en uno real, generalmente su ingreso es por medio del internet que proporciona la red académica de la institución educativa. Los estudiantes que hacen uso de esta herramienta confrontan los conocimientos previos con los nuevos. (ZAMORA, 2010 p. 283)

La ventaja era y es evidente: se puede aumentar el número de prácticas por alumno con un coste no muy excesivo, es más, el alumno puede hacer prácticas en su casa a cualquier hora, sin más que disponer del programa y servidor web.

2.10.4 Estructura de un Laboratorio Remoto

La plataforma de un laboratorio remoto, se basa principalmente en la estructura usuario-servidor que se encuentra mostrada en la Figura 6-2, existen diferentes soluciones según sea el nivel de complejidad de los laboratorios remotos, pero esta es la estructura principal para desarrollarlos. (CALVO, et al., 2008)

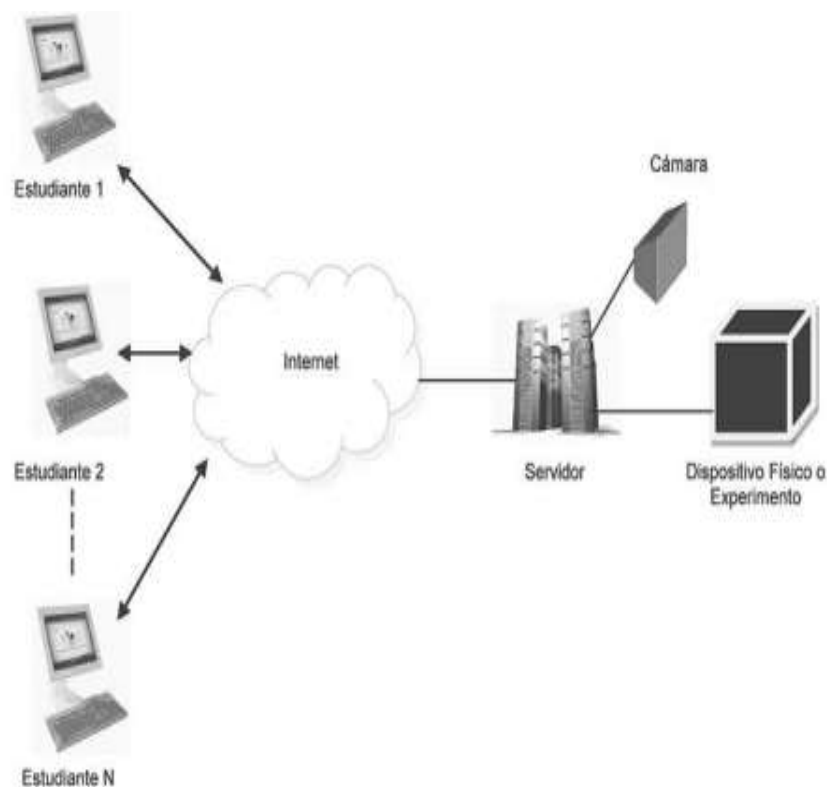


Figura 6-2: Arquitectura de un laboratorio remoto

Fuente: (ZAMORA, 2010 p. 284)

Entre los principales elementos de los que consta un laboratorio remoto se encuentran la planta de trabajo, el elemento programable, servidor, servidor Web y plataforma web.

2.10.4.1 *Planta de Trabajo.*

Es la maqueta o el banco de pruebas con los respectivos sensores y actuadores para cada práctica a realizarse, para cada una existe un elemento que contendrá toda la lógica de control.

2.10.4.2 *Autómata Programable*

Es el elemento de control a utilizarse, estos pueden varios tales como PLCs, arduinos entre otros.

Para nuestra aplicación es necesario descartar arduino, puesto que no soportaría las condiciones de trabajo como lo haría un PLC, estos están diseñados para esas aplicaciones industriales

PLC. – Se dispositivos electrónicos programables por el usuario utilizados para controlar secuencias, procesos lógicos o máquinas, estos dispositivos electrónicos surgen principalmente con objetivo de implementar funciones lógicas que dan solución a las necesidades de la industria.

Tabla 6-2: Software de programación de PLCs

Nombre	Descripción
Tía Portal	Aplicación modular Integra distintas aplicaciones en una misma interfaz Útil para programar controladores y HMI Puede gestionar errores online
SoMachine	Software para controladores, HMI y dispositivos remotos Dispone de: <ul style="list-style-type: none">- Bloques de Función- Plantillas- Estructura de Automatización- Capacidad de cinco idiomas IEC
TwidoSuite	Entorno de diseño gráfico que permite <ul style="list-style-type: none">- Crear- Configurar- Gestionar las aplicaciones de los PLC's Twido Software de 32 bits Funciona con el sistema operativo Microsoft Windows 98 (segunda edición)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

2.10.4.3 Cámaras

Son los equipos utilizados para la visualización en tiempo real de las diferentes maquetas de las prácticas de los usuarios. Se usan cámaras IP que son de fácil conexión, formando la red local y le permite al usuario monitorear de forma visual el proceso en ejecución. (DE LA CRUZ, et al., 2010 p. 103)

2.10.4.4 Servidor

Es el equipo el cual estará encargado de la comunicación en red entre el controlador y la red que debe cumplir con las funciones de control y acceso, reservaciones, gestión administrativa, de la siguiente manera: (DE LA CRUZ, et al., 2010 p. 104)

Aplicaciones web. - Se encarga del control diferenciado de acceso al laboratorio, control administrativo de reservaciones, modificación de datos del usuario, etc.

Base de datos. - Almacena toda la información sobre los usuarios incluyendo reservaciones, tiempo de sesión, etc.

Servidor web. - ejecuta todas las operaciones de peticiones y respuestas de la web que realizan los usuarios.

Software de control. - Se encarga de la comunicación y sincronismo entre el servidor arduino, el servidor web y el control. (Vásquez, 2016).

Tabla 7-2: Lenguajes de programación para sitios Web

Tipo	Características
Java	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza el código Bytecode - Multiplataforma. - Posee un entorno de ejecución JRE - Tiene portabilidad - Es una plataforma de desarrollo
JavaScript	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza un lenguaje de escritura en guiones - Crea una interfaz de usuario activa y dinámica. - Enfocado en la creación de páginas web de tipo HTML. - Permite realizar consultas en el server sin tener que volver a cargar la página - Los programas desarrollados se ejecutan en cualquier navegador
C++	<ul style="list-style-type: none"> - Realiza llamada directa al sistema operativo - Se integra directamente con el lenguaje ensamblador - Es multiplataforma - Es compatible con gran variedad de bibliotecas - Utiliza programación orientada a objetos - Debe ser compilado antes de ser ejecutado.
PHP	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizado en el desarrollo de páginas web - Puede ser ingresado dentro de un HTML - El código se ejecuta en el servidor - Es simple y fácil de usar - Centrado en la programación de scripts desde el lado del servidor - Es de código abierto - Multiplataforma - Es seguro
Phyton	<ul style="list-style-type: none"> - Usado para crear todo tipo de programa - Multiplataforma - Es interpretado (la compilación es de forma transparente a la vista del programador) - Interactivo - Orientado a objetos - Sintaxis clara y visual - Gran variedad de librerías y funciones
Ladder	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizado en programación de PLCs - Tiene dos rieles verticales que representan Vcc y tierra (L1 y L2) - Las instrucciones (entradas en forma de contactores) se ubican al lado izquierdo - Salidas (bobinas) en el lado derecho - Se interpreta de arriba hacia abajo
Diagrama de Bloques	<ul style="list-style-type: none"> - No utiliza salidas en forma de bobinas - Las salidas de los bloques no pueden conectarse entre sí - La evaluación de una red se ejecuta antes de verificar la siguiente - Diagramas similares a las compuertas lógicas - Programación para PLC

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 201

CAPITULO III

3. IMPLEMENTACION DE LABORATORIO REMOTO EN EL BANCO DE CILINDROS HIDRAULICOS

En el presente capítulo se explica la implementación de forma sistemática del banco de cilindros oleohidráulicos, incluyendo el análisis y diagnóstico del equipo disponible o planta de trabajo, solución, selección y montaje del sistema de control y automatización, desarrollo de plataforma virtual para el control remoto del laboratorio. En la Figura 1-3. se muestra un diagrama de procesos que engloba el procedimiento de la implementación del LRV

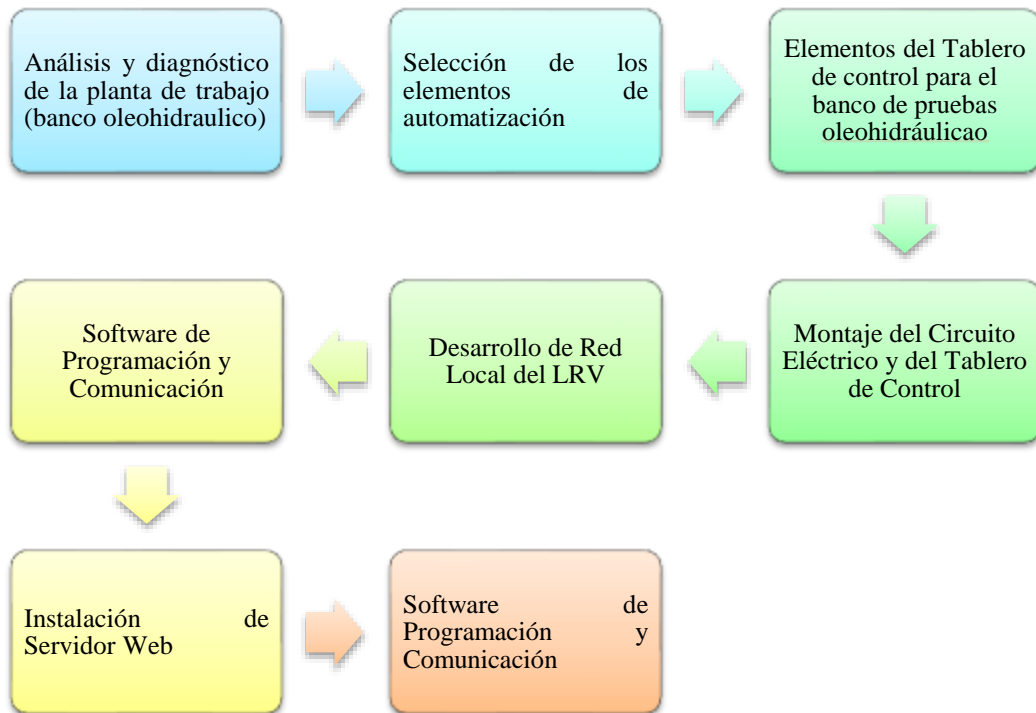


Figura 1-3. Diagrama de procesos para implementación de LRV

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.1 Análisis y diagnóstico del banco oleohidráulico.

Un LRV posee la arquitectura antes mencionada en el capítulo II y sin importar la aplicación cuenta de una planta de trabajo. Nuestro proyecto es un banco de pruebas de cilindros

oleohidráulicos ubicado en el laboratorio de sistemas neumáticos y oleohidráulicos de la Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, al cual se le implementara tecnología para el control local y remoto virtual, por ende, se debe realizar un análisis completo de cada uno de sus componentes, evaluando el estado de funcionalidad y falencias del mismo.



Figura 2-3. Banco de cilindros Oleohidráulico. FM, ESPOCH

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Inicialmente se encontró el banco desmontado, las válvulas y cilindros estaban fuera del panel de trabajo (Figura 4-3), pero en perfectas condiciones de funcionamiento al igual que el reservorio, motor y bomba; la caja de control para la HPU se encontró discontinuada con elementos disfuncionales e incompleta (Figura 2-3), el banco no tenía los acoples rápidos de alimentación y retorno al reservorio (Figura 3-3).



Figura 3-1. Caja de control eléctrico del banco Oleohidráulico.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019



Figura 4-3. Acoples rápidos incompletos con empaques en mal estado.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019



Figura 3-2. Cilindros doble efectos y electroválvulas ubicados en otro panel de trabajo.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Según el estado inicial, se procede a realizar la caracterización de cada uno de sus elementos, buscando los parámetros para el desarrollo del laboratorio, es decir, las características de funcionamiento de los elementos del banco oleohidráulico.

El presente banco de pruebas oleohidráulico es la unión de varios elementos provenientes de dos bancos de pruebas distintos diseñados como proyectos de tesis, por lo tanto, antes de proceder a la implementación para su control remoto y virtual, a continuación, se analizará las características que posee cada uno de ellos, con el fin de corregir alguna deficiencia del sistema en caso de existir.

Los componentes del sistema deberán coincidir con la necesidad requerida de los actuadores lineales, teniendo como parámetros de trabajo: una presión máxima de la válvula de seguridad de 400 Psi y un rendimiento teórico de 90% de la bomba de engranajes según (BARRETO GORDÓN , y otros, 2013 págs. 104-148).

3.1.1 Depósito

El depósito o reservorio cumple más de una función, por ende, la importancia que tiene su diseño en la centralita. La temperatura del aceite debe mantenerse entre los 50° C a 65°C, si llegara a sobrepasar este rango, el aceite perderá sus propiedades ocasionando fallos en el circuito hidráulico razón por la cual tiene incorporado un termómetro de vidrio con un rango máximo de lectura de 80°C. (BARRETO GORDÓN , y otros, 2013). El estado estructural del reservorio y sus elementos como; filtro, tapa y empaques se encuentran funcionales.



Figura 6-3. Reservorio de aceite del banco de pruebas oleohidráulico.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

La capacidad del reservorio debe abastecer al volumen del panel por esta razón se aplicará como regla general que el volumen del depósito tendrá que ser 3 veces mayor al caudal de la bomba (Oleohidráulica, 2015).

Tabla 1-3: Datos técnicos del depósito.

Material de construcción:	Plancha de acero SAE 1030, espesor 3 [mm]
Dimensiones (ancho x altura x profundidad):	275 x 264 x 360 [mm]
Volumen:	7 [gal]
Tipo:	Cerrado

Fuente: (BARRETO GORDÓN , et al., 2013 p. 66)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.1.2 *Fluido Hidráulico*

El reservorio cuenta con $\frac{3}{4}$ de su capacidad de aceite ISO 68, fluido oleohidráulico considerada como lubricante especializado para sistemas hidráulicos formulado con bases minerales y paquete de aditivos balanceado químicamente para evitar el desgaste, aumentando la protección de las piezas contra el ataque del agua y aire.

3.1.3 *Filtro*

El filtro se encuentra ubicado en el depósito en la entrada del aceite para el depósito su función es retener las impurezas que puedan encontrarse en el líquido evitando que ingrese al sistema y afecte los elementos. Las características del filtro presente en el banco son:

Tabla 2-3: Características del filtro.

Tipo de Filtro	Filtro de malla IPF
Tipo de Malla	Malla de 40 micrones [μ]
Toma	Toma de $\frac{1}{2}$ " NPT

Fuente: (BARRETO GORDÓN , et al., 2013 p. 62)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019



Figura 7-3. Filtro de malla.

Fuente: (BARRETO GORDÓN , et al., 2013 p. 62)

3.1.4 Válvula Limitadora de Presión

Esta válvula nos permite establecer la presión máxima con la que puede trabajar el sistema, evitando el daño de componentes que no soporte presiones mayores. Las características de la válvula son:

Tabla 3-1: Datos técnicos de limitadora de presión

Presión	320 [bar]
Caudal	114 [l/min]
Peso	0.22 [kg]

Fuente: (BARRETO GORDÓN , et al., 2013 p. 64)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019



Figura 8-3. Válvula limitadora de presión.

Fuente: (BARRETO GORDÓN , et al., 2013 p. 64)

La válvula presente en el banco de pruebas está configurada a 400 psi con el fin de salvaguardar los elementos presentes en el sistema.

3.1.5 Bomba

La bomba que se encuentra instalada en el banco de pruebas es de engranajes internos su estado es funcional, instalada según la demanda del sistema y posee las siguientes características:



Figura 9-3. Bomba de engranajes Internos.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Tabla 4-3: Datos técnicos de bomba de engranajes internos.

Marca	HONOR
Código	1AG2UO5R
Cilindrada	5.1 [cm ³ /rev]
Caudal Max	2.3 [GPM]
Presión	3300 [psi]
Rango de las Revoluciones	600 – 4000 [rpm]

Fuente: (HONOR, 2008 p. 6)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.1.6 *Motor Eléctrico*

El banco posee un motor eléctrico monofásico con las siguientes características:

Tabla 5-3: Datos técnicos de motor

Marca	Motor Weg G
Voltaje	110/220 [V]
Amperaje	27.60/13.80 [A]
Potencia	2 [HP]
Frecuencia	60 [Hz]
Revoluciones	1720 [rpm]

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019



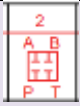
Figura 10-3. Motor eléctrico monofásico.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.1.7 *Válvulas Direccionales*

El banco cuenta con tres válvulas direccionales pilotadas por solenoides de 4 vías y 3 posiciones, adicional poseen válvulas de control de flujo que se reguló para una óptima visualización del desplazamiento de los actuadores, tienen las siguientes características:

Tabla 6-3: Datos técnicos: válvula de control direccional.

Modelo:	DG03-2C-220VAC – 82 – DN	Condición del centro:	Voltaje de solenoide:
Tamaño de válvula:	NG6, CETOP 3/ ISO 4401-03	 Centro abierto	AC220V,60 Hz
Disposición del resorte:	Solenoide doble centrado por resorte		
Número de Designación	82	Opciones Eléctricas:	Din 43650 Bobina c/w Indicadores de Luces

Fuente: (INTERNATIONAL ADVANCED TECHNOLOGY, 2014)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019



Figura 11-3. Válvulas de control direccional.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Estas válvulas de control direccional tienen características eléctricas en cuanto a la bobina electromagnética, siendo necesario conocer estos parámetros para la implementación del circuito eléctrico del control de los actuadores.

Tabla 7-3: Característica de la bobina electromagnética.

Solenoid classification	Power Source	Voltage (V)		Inrush Current (A)	Holding Current (A)	Holding Power (W)	Permissible Voltage (%)	Insulation Grade	Coil Insulation Class	Insulation
AC	A1	110	50	1,6	0,47	23	+10,-15	B	H (180°C)	>50
		120	60	1,5	0,42	24	+10,-15			
	A2	220	50	0,8	0,24	23	+10,-15			
		240	60	0,75	0,21	24	+10,-15			
DC	D1	12	-	-	2,4	29	+10,-15	B	H (180°C)	>50
	D2	24	-	-	1,16	28	+10,-15			

Fuente: (INTERNATIONAL ADVANCED TECHNOLOGY, 2014)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.1.8 Cilindros Oleohidráulicos.

El banco posee tres cilindros de tipo doble efecto, cuyas características se muestran en la Tabla 8-3.



Figura 12-3. Cilindros doble efecto

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Tabla 8-3: Dimensiones de los cilindros doble efectos.

Tipo de Cilindro	Ø cilindro [mm]	Ø vástago [mm]	Carrera [mm]
Doble Efecto	32	16	300
Doble Efecto	32	16	230
Doble Efecto	40	20	140

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Estos elementos fueron debidamente seleccionados en el trabajo de titulación de (González , y otros, 2016). Se calculó el gasto de caudal de cada uno de los actuadores para determinar si la unidad hidráulica de poder (HPU) cumple con el requerimiento.

$$V = A \cdot L \quad (3)$$

Donde:

A → Área Efectiva del Cilindro [cm^2]

L → Carrera del Vástago [cm]

V → Volumen de Aceite del cilindro [cm^3]

Entonces con un diámetro cuyo valor de 32 mm calculamos:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (4)$$
$$A = \frac{\pi(3.2cm)^2}{4}$$
$$A_{1,2} = 8 cm^2$$

$$A_3 = \frac{\pi(4cm)^2}{4}$$

$$A_3 = 12.6 \text{ cm}^2$$

Obteniendo la suma de los volúmenes de cada cilindro necesario:

$$V = [(8 \text{ cm}^2 \times 30) + (8 \text{ cm}^2 \times 23) + (12.6 \text{ cm}^2 \times 14)]$$

$$V = 600.4 \text{ cm}^3 \rightarrow 0,6 \text{ l} \rightarrow 0.158 \text{ gal}$$

Comprobamos que el volumen de fluido requerido por los actuadores es suficiente para el depósito, cuya capacidad es de 7 galones.

3.1.9 Mangueras

Se utilizan en el banco mangueras de acuerdo a la presión de trabajo que va a soportar. Inspeccionando las mangueras disponibles en el laboratorio se corroboró su buen estado.

Los diámetros que se utilizó fueron de 3/8" para un caudal de 30 l/min y de una presión de 2615 psi utilizada para el retorno del fluido al depósito, y de diámetro 1/4" para un caudal de 15 l/min y presión máxima 3260 psi fue utilizada para las conexiones de actuadores, válvula de control direccional y entrada de fluido al sistema.



Figura 13-3. Mangueras de diferentes diámetros y longitud.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.1.10 Acoples Rápidos

Los acoples se los adapta en los componentes hidráulicos para facilitar la conexión entre cada elemento de forma segura y libre de fugas.



Figura 14-3. Acoples rápidos

Fuente: (Suministros hidráulicos , 2018)

Tabla 9-3: Datos técnicos de acoples rápidos.

Serie:	101
Medida:	06
Diámetro interior:	¼"
Material:	Acero
Presión max. Trabajo	320 [bar]

Fuente: (BARRETO GORDÓN , et al., 2013 p. 63)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.1.11 *Manómetro*

Para medir la presión de la centralita, se dispone de un manómetro analógico de marca Internacional FPA con rangos de presión que va desde 0 a 2000 [psi].



Figura 15-3. manómetro

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2 Selección de los elementos de automatización

Una vez examinado la planta de trabajo o banco de pruebas oleohidráulico se encontró una serie de falencias que limitan el aprendizaje de los estudiantes. Dentro de los limitantes está, la falta de espacio físico para la implementación de bancos experimentales similares que cubra con la demanda de estudiantes, puesto que, al ser único no permite una interacción óptima y personalizada. La disponibilidad del laboratorio esta reducida por dos factores: tiempo disponible del docente y del estudiante que se traduce a máximo dos horas de practica por cada asignatura, provocando que el aprendizaje practico y la asociación de conocimientos teóricos sea escaso, y en el peor de los casos nulo.

Se palpo la falta de recursos tecnológicos en el laboratorio, al no contar con equipamiento especializado similar a los implementados actualmente en la industria, ocasionando menos oportunidades de competencia en el ámbito laborar al profesionista de la faculta de mecánica. Tomando en cuenta los agravantes que frenan un desarrollo integral de los estudiantes, se buscó dar solución a esta problemática y procedió al desarrollo de un LRV que permita la interacción local y remota con el banco de prueba analizado, partiendo de los datos técnicos y características de cada componente que forma el circuito hidráulico para la adecuada selección de los elementos que forman el sistema de control.

Para el desarrollo de un LRV se parte de una arquitectura de comunicación que posee: un equipo de trabajo, un controlador lógico programable que permita la manipulación del mismo, un dispositivo que permita visualizar al proceso en tiempo real, un servidor que albergara la base de datos cargada en un navegador web que permite el acceso remoto desde cualquier punto como se muestra en la Figura 16-3.

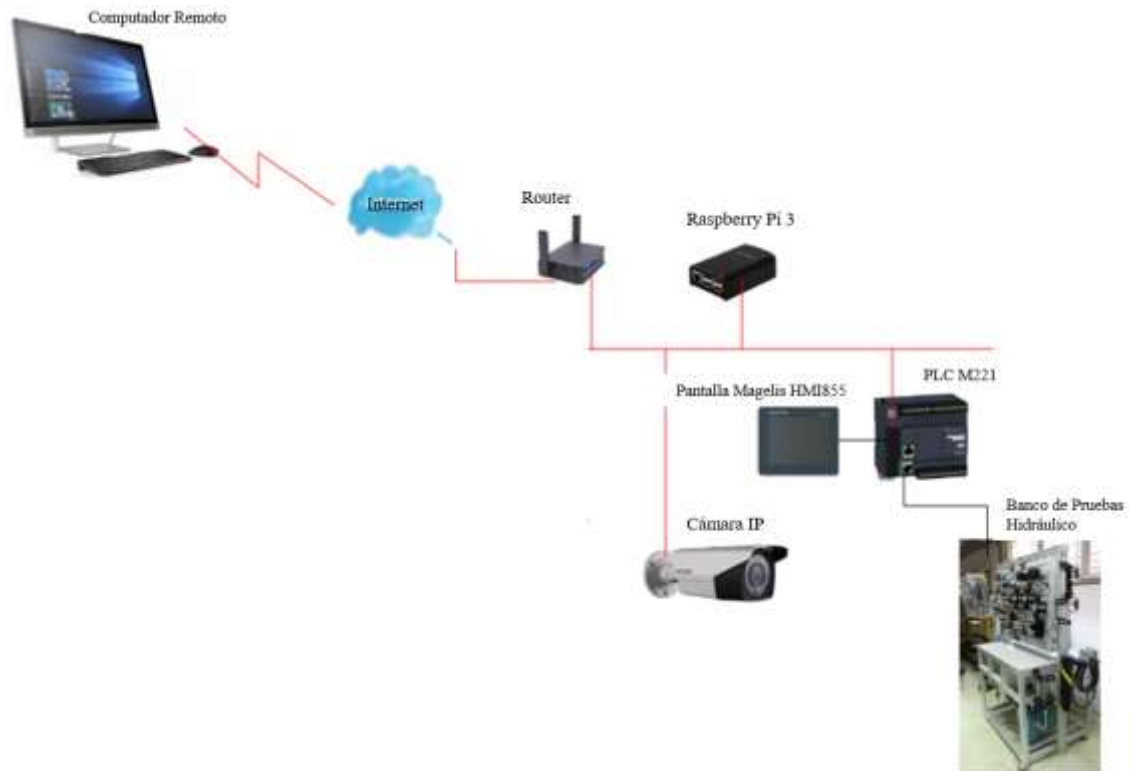


Figura 16-3. Arquitectura de LRV del banco de pruebas oleohidráulicos.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

La estructura del LRV parte de las funciones que debe realizar el equipo, es decir, encender la HPU y posteriormente ejecutar secuencias con tres cilindros siendo necesario implementar un tablero de control que asegure la integridad del equipo. Se implementó control ON/OFF o también llamado Todo o Nada, puesto que el parámetro a controlar serán las posiciones de los vástagos de cada actuador.

Se diseñó un sistema o red local que permite unificar el control y la visualización del proceso a realizar, por medio de un conmutador (switch) asignando una IP estática que consta de varios puertos a los cuales se enlazaran los componentes del sistema que previamente se les dio una dirección IP privada.

Se desarrolló un hosting que permite gestionar los datos de usuarios, el control de acceso de los estudiantes y profesores registrados al sistema, generar horarios para prácticas, supervisar y controlar la planta real. Para llevar a cabo todas estas funciones, se realizó una interfaz de usuario gráfica debidamente programada y la comunicación con el PLC mediante módulo Modbus TCP/IP.

3.2.1 *Elementos del tablero de control para el banco de pruebas oleohidráulico.*

El tablero de control es un conjunto de elementos eléctricos conectados entre sí, permite manipular el equipo hidráulico mediante un HMI, por ende, se seleccionó los componentes tomando en cuenta que después se procederá a realizar un sistema de red local, mismo que debe proporcionar la suficiente energía todos los componentes que serán instalados, con las debidas protecciones.

La planta real puede ser manipulada de dos diferentes maneras: por medio de control remoto virtual mediante una plataforma virtual, y de manera local, decir por medio de una pantalla HMI o interfaz Hombre/Máquina. A continuación, se desglosa cada elemento explicando sus funciones y características.

3.2.1.1 *Finales de Carrera*

Al iniciar la implementación del tablero de control es importante colocar sensores de posición todo o nada como micro switch (final de carrera) con el fin de obtener señales de entradas para proceder a la automatización de las secuencias de cilindros. El sensor informará de la presencia o no del tope cilíndrico colocado en el extremo del vástago, permitiendo que el controlador decida o no continuar con la secuencia del cilindro establecida por el usuario.

Se seleccionó este tipo de final de carrera cubriendo la necesidad de detectar la presencia o no del vástago en las posiciones iniciales y finales de cada actuador, las dimensiones son proporcionales a los topes cilíndricos y en contraste costo/calidad este producto cubre con los requerimientos.



Figura 17-3. Micro switch (final de carrera).

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Tabla 10-3: Datos técnicos del final de carrera.

Marca:	CAMSCO	Resistencia de contacto:	15 [mΩ] max.
Código de fab.:	Z-15GW2-B	Conf. de contacto:	15 A - 125VA o 250 VAC
Terminal:	Terminal de tornillo	Vida de servicio: mecánica /eléctrica	1 000 000/100 000 operaciones mínimas.

Fuente: (Camsco, 2018)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.2 PLC (Controlador lógico programable)

El funcionamiento de la planta oleohidráulica debe ser controlado por un dispositivo que soporte largos periodos de tiempo, con la capacidad sufrientes entradas y salidas permitiendo recibir y enviar señales para la debida generación de secuencias, debe existir un selector para cambiar de modo local a remoto. Adicionalmente el controlador debe tener integrado un módulo de protocolo Modbus TCP/IP para el enlace con la interfaz gráfica evitando integrar un circuito eléctrico y un módulo externo.

Las entradas que debe tener el dispositivo como mínimo ocho y cuatro salidas considerando que, si en un futuro se quisiera implementar un sistema de adquisición de datos, posea E/S adicionales y tenga control de proceso (PID).

Se seleccionó el PLC M221 de marca Schneider Electric, este controlador cumple en su totalidad con todas las características solicitadas; además nos da muchas ventajas en cuanto a la programación, puesto que en el sitio web de los fabricantes se encuentran los manuales de programación e instalación facilitando su uso. Producto garantizado por Schneider Electric una empresa francesa que se dedica al desarrollo de controladores lógicos desde los años 80, operando en la actualidad en más de 100 países.



Figura 18-3. PLC M221. Schneider Electric.

Fuente: (Schneider Electric, 2014)

Tabla 11-3: Ficha técnica. PLC M221 Schneider.

Tensión de Alimentación	100-200 V	24 Vcc
Entrada/salida lógicas	24 E/S lógicas	
Nº. y tipo de entradas	14 entradas NPN/PNP de 24 Vcc incl... 4 entradas rápidas	
Número y tipo de salidas	10 salidas de relé	10 salidas de transistor PNP, incl... 2 salidas rápidas
Conexión de E/S lógicas	Con bornero de tornillos extraíble	
Entrada Analógicas	2 entradas analógicas de 0...10 V	
Conexión de entrada analógicas	En bornero extraíble específico	
Ampliación de E/S	7 módulos de extensión Modicon TM3 14 módulos de extensión Modicon TM3 con la utilización de módulos de extensión de bus (transmisor y receptor) Posible utilización de módulos de extensión Modicon TM2 con algunas restricciones	
Conexión Ethernet	1 puerto Ethernet incorporado en controladores TM221CE Modbus TCP (cliente y servidor). SMS y correos electrónicos	
Conexión Serie	1 puerto serie (conector RJ45), RS232/485 con alimentación de +5V	
Control de Procesos	PID	
Contaje	Hasta 4 entradas rápidas de contaje (HSC), frecuencia 100 kHz	
Control de Movimiento	Solo en controladores TM221C..T y TM221CE..T	
Formato An x Al x Pr (mm)	3 tamaños de controladores: 110x90x70	
Cartuchos	3 Cartuchos de extensión de E/S analógicas 1 Cartucho de comunicación con puerto serie adicional 3 Cartuchos de aplicación Para control de aplicaciones de hosting Para control de aplicaciones de packaging Para control de aplicaciones de conveying	
Numero de Ranuras para Cartucho	1	
Terminal Gráfico	Terminal gráfico para diagnóstico, mantenimiento y monitorización	
Programación	Software SoMachine Basic	

Fuente: (Schneider Electric, 2014)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.3 Pantalla HMI

La pantalla HMI es la interfaz Hombre/Máquina para la manipulación del circuito hidráulico de manera local, los requerimientos para la selección fueron: la vida útil del producto, el tipo de pantalla, el equilibrio entre valor monetario y calidad del equipo, la interacción manual con el usuario. La pantalla seleccionada fue el modelo HMISTU855 terminal táctil de 5.7" que incluye todos sus componentes mostrados en la Figura 20-3



Figura 19-3. Pantalla HMI táctil. Schneider electric.

Fuente: (Schneider Electric, 2018 p. 1)

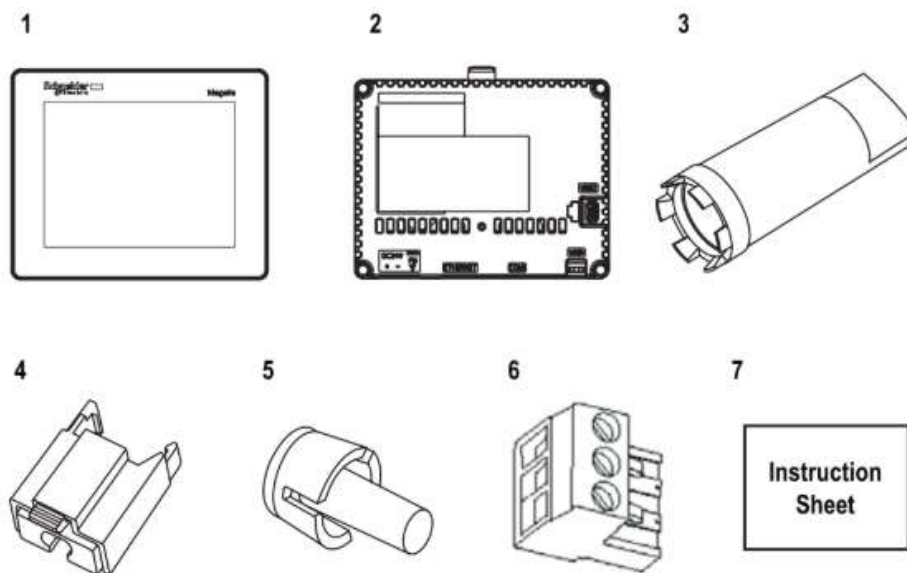


Figura 20-3. Contenido del paquete de pantalla HMI.

Fuente: (Schneider Electric, 2014 p. 16)

1. Módulo de la pantalla
2. Módulo Posterior
3. Llave de Ajuste
4. Soporte de Cable Estándar USB tipo A
5. Acople anti rotación
6. Bloque de Terminales
7. Guía de Referencia Rápida

Tabla 12-3: Datos técnicos de pantalla HMI.

Rango de Producto	Magelis STO & STU	Tipo:	Pantalla LCD de color TFT
Tipo de Producto o Componente	Pantalla táctil del panel	Resolución:	320x240
Designación de Software	Vijeo Designer	Colores:	65536
Sistema Operativo	Magelis	Tensión de entrada/corriente	24 V CC/≤ 30
Nombre del Procesador	CPU ARM9	Ajustes de brillo:	16 niveles de ajuste

Fuente: (Schneider Electric, 2014 p. 16)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.4 Transformador

Debido al requerimiento del motor de la unidad hidráulica de poder y los solenoides de las válvulas direccionales que requieren de alimentación eléctrica de 220V/240V AC, y componentes como: el PLC, Raspberry Pi, Router, cámara IP, necesitan estar conectadas a una fuente de 110 V AC. Razones por lo cual se decide suministrar la energía eléctrica al tablero de una toma de 220 V AC e instalar un transformador General Electric de núcleo y bobina con las características mostradas en la Tabla



Figura 21-3. Transformador de núcleo y bobina.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Tabla 13-3: Características técnicas del transformador

No. de catálogo:	9T58K2807	Categoría:	Poder de control
Fase:	1	KVA:	0.25 KVA
PriVoltaje:	240/480	SecVoltaje:	120/240
Material de la bobina:	Cobre	Aumento de temperatura:	80 °C
Frecuencia:	60 Hz	Kfactor:	K1

Fuente: (ABB, 2019 p. 1)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.5 Fuente de Alimentación en carril DIN

La fuente de alimentación es un elemento muy importante puesto que es la encargada de suministrar de corriente continua a ciertos elementos como a la pantalla HMI que se alimentan de 24V y a los finales de carrera, siendo indispensable la instalación de este elemento para el cambio de corriente alterna de salida del transformador (110 V) a corriente continua. Como mejor opción que nos ofrecía el mercado fue la fuente MDR-40-24 de marca Mean Well cuyas características se muestran en la Tabla 14-3.



Figura 22-3. Fuente de alimentación en carril DIN

Fuente: (Mean Well, 2018 p. 1)

Tabla 14-3: Datos técnicos de la fuente de alimentación en carril DIN.

SALIDA	Marca:	Mean Well
	Modelo:	MDR-40-24
	Voltaje DC:	24V
	Corriente Nominal:	1.7 A
	Alcance Actual:	0 – 1.7 A
	Potencia Nominal:	40.8 W
	Rango de Voltaje :	24 – 30V
	Tolerancia de Voltaje:	±1.0 %
ENTRADA	Rango de Voltaje:	90 ~ 264 VAC 110/230 VDC
	Rango de Frecuencia:	47 ~ 63 Hz
	Eficiencia:	88%
	Corriente AC (Typ.):	1.1 A /115VAC 0.7A/230VAC
	Corriente de Entrada (Typ.):	Inicio sin Carga 30A/115VAC 60A/230VAC
	Corriente de Fuga:	<1mA /240VAC

Fuente: (Mean Well, 2018)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.6 Guardamotor

El motor es un elemento vital en el sistema hidráulico sometido a control ON/OFF, por lo tanto, es necesario brindarle protección contra cortocircuitos y sobrecargas. El parámetro a tomar en cuenta es la intensidad producida en el arranque o Inrush Current, cuyo valor es mayor a 10 A y en base a este valor se seleccionó un disyuntor o guardamotor.

El guardamotor es un elemento brinda protección termomagnética, con capacidad de corte estándar y operación con pulsado. Posee los siguientes datos técnicos mostrados en la Tabla 3-15.



Figura 23-3. Guardamotor

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Tabla 15-3: Características del guardamotor

Nombre del Producto:	Tesys GV2
Nombre Corto del dispositivo:	GV2ME20
Aplicación del Dispositivo:	Motor
Tecnología de Unidad de Viaje:	Termomagnético
Tipo de Red:	C.A.
Frecuencia de Red:	50/60 Hz conforme a IEC 60947-4-1
Descripción de los polos:	3P
Rango de ajuste de protección térmica:	13-18 [A]

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.7 Contactor

Todo automatismo de motor se le incorpora un contactor que interrumpa o establezca la corriente eléctrica de una carga para mayor seguridad del personal que puede maniobrar el equipo y control

de arranque del motor, razón por la cual se instaló un contactor y sus características técnicas se pueden observar en la Tabla 16-3 son:



Figura 24-3. Contactor

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Tabla 16-3: Datos técnicos del contactor.

Marca	Schneider
Nombre del Producto	Tesys d
Componente	Contactador
Nombre Corto	LC1D
Aplicación	Control de Motor Carga Resistiva
Número de Polos	3 Polos
Voltaje Operacional Nominal	300V CC para circuito de alimentación 690V CA 25...400Hz para circuito de alimentación
Corriente Operativa Nominal	25 A a 440V AC AC-1 para circuito de alimentación 9 A a 440V AC AC-3 para el circuito de alimentación
Tipo de Circuito de Control	DC estándar
Voltaje de circuito de control [Uc]	24 V DC
Tensión Nominal Soportada por impulso	6 Kv conforme a IEC 60947
Tiempo de Funcionamiento	53.55 ... 72.45 ms cierre 160... 4 ms apertura

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.8 Breakers

Como protección de nuestro circuito eléctrico, se instaló breakers para salvaguardar la integridad tanto del cableado como también de los dispositivos electrónicos y eléctricos uno de 30 A de tres polos para el motor y otros dos de 16 A de un polo para la pantalla HMI y el PLC con datos técnicos mostrados en la Tabla 17-3 y 18-3.



Figura 25-3. Breaker de 3 polos.

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Tabla 17-3: Características de Breaker C16

Marca	Acti 9 iC60
Producto Tipo	Interruptor
Número de Polos	3P
Polos Protegidos	3
Corriente Nominal	16 A
Tipo de Red	DC / AC
Tecnología de Disparo	Térmico – Magnético
Frecuencia de Red	60 Hz
Resistencia a Picos	6Kv

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019



Figura 26-3. Breaker de 1 polo.

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Tabla 18-3: Datos técnicos del breaker C4

Marca	Acti 9 iC60
Producto Tipo	Interruptor
Número de Polos	1P
Polos Protegidos	1
Corriente Nominal	4 A
Tipo de Red	DC / AC
Tecnología de Disparo	Térmico – Magnético
Frecuencia de Red	60 Hz

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.9 Selector

El banco de pruebas oleohidráulica el selector actuara para determinar si el equipo va funcionar en mando: local o remoto, las características son:



Figura 27-3. Selector de tres posiciones.

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Tabla 19-3: Características del selector.

Material del Bisel:	Metal Cromado
Material de Collar de Fijación:	Zamak
Diámetro de Montaje:	22 mm
Forma del Cabezal:	Redondo
Perfil del Operador:	Mango estándar Negro
Información de Posición del Operador:	3 posiciones de +/- 45°

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.10 Parada de Emergencia

Esta botonera nos permitirá apagar el sistema en caso de que falle algún elemento y se necesite apagar de emergencia, las características son:



Figura 28-3. Pulsador de emergencia

Fuente: (IDEAS Automation, 2017)

Tabla 20-3: Características de botón de emergencia

Tipo de Producto	Pulsador de Parada de Emergencia
Diámetro de Montaje	22 mm
Forma del cabezal de unidad	Redondo
Tipo de Operario	Enganche
Tipo de Contacto	NC
Resistencia a Picos	6 kV

Fuente: (IDEAS Automation, 2017)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.11 Relé Electromagnético



Figura 29-3. Relé Electromagnético.

Fuente: (Camsco, 2019)

Tabla 21-3: Características técnicas de relé magnético.

Marca	Camsco
Modelo	LY-2
Dimensión Externa	L27.6 x W21.5 x H36 (mm)
Forma de contacto	2A2B
Capacidad de Contacto	28V DC / 220V AC 15A 10A
Voltaje de la Bobina	DC 6, 12, 24, 36, 48, 110V AC 6, 12, 24, 36, 48, 110,220V
Resistencia de Contacto	≤ 50mΩ
Resistencia de Aislamiento	≥1000mΩ
Resistencia dieléctrica	1500V AC 50 / 60HZ
Vida útil	Mecánica 10 000 000 / Eléctrica 100 000
Terminal	Salida y placa de circuito impreso

Fuente: (Camsco, 2019)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.1.12 *Borneras*

Fue necesario colocar borneras de riel DIN para conectar los elementos del tablero para distribuir y organizar las conexiones cableadas.



Figura 30-3. Borneras de riel DIN

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.2.2 *Dispositivos de la red local*

Los elementos del circuito de control del sistema hidráulico ya fueron seleccionados, y a continuación, se seleccionó los dispositivos para complementar el sistema de la red local, los cuales representan un papel importante para que se pueda efectuar el desarrollo del LRV.

3.2.2.1 *Router*

El elemento que permite conectar una red local al internet es el router, este dispositivo posee varios puertos para la conexión de los demás componentes que controlan el sistema hidráulico. Se seleccionó un router con los siguientes datos técnicos que se muestran en la Tabla 22-3



Figura 31-3. Router

Fuente: (D-Link, 2013)

Tabla 22-3: Especificaciones técnicas

General	
Interfaz de dispositivos	Wireless N 300 – Four 10/100 LAN ports – 10/100 WAN (Internet) port
Antena	5dBi antenna externa
Estándares	IEEE 802.11n/g/b – IEEE 802.3u – IEEE802.3 – IEEE802.2x
Requisitos Mínimos del sistema	<ul style="list-style-type: none"> - Windows 7/Vista/XP SP3, or Mac OS X 10.4 or higher Microsoft Internet Explorer 6 or higher, Firefox 1.5 or hogher, or other Java-enabled browser - Network Interface Card - Cable or DSL Modem - Subscription with an Internet Service Provider
Funcionalidad	
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - WPA & WPA2 (Wi-Fi Protected Access) - Wi-Fi Protected Setup (WPS) – PIN
Características avanzadas	<ul style="list-style-type: none"> - Web Setup Wizard - UPnP support - Active Firewall – Network Address Translation (NAT) - Repeater Mode

Fuente: (D-Link, 2013)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.2.2.2 Raspberry Pi

Toda página Web (Hosting) requiere de un software de comunicación conocido como servidor web, para gestionar ciertas actividades o archivos que el usuario ejecute, por lo tanto, este programa requiere de un dispositivo que albergue y a su vez permita guardar una base de datos según sea la aplicación.

Para cubrir nuestra necesidad se requiere contar con un servidor o dispositivo que permita guardar datos de la plataforma virtual e instalar un servidor HTTP, que su sistema operativo sea libre, fácil manipulación y físicamente una estructura compacta. Cumpliendo con las características antes mencionadas la unidad central de procesamiento (CPU) adecuada para nuestra aplicación es una Raspberry Pi 3 modelo B siendo una versión actual cuyas características se muestran en la Tabla 23-3.



Figura 32-3. Raspberry Pi 3 Model B.

Fuente: (Farnell AN AVNET COMPANY, 2016)

Tabla 23-3: Ficha técnica de la Raspberry Pi

Modelo	Raspberry Pi 3 Model B
Procesador	Computadora de placa única con procesador de 4 núcleos broadcom BCM2387 de 64bitz que funciona a 1,2GHz y 1 GB de RAM
	BCM43438WiFi a bordo
	Bluetooth de baja energía (BLE) a bordo
Extensión de Pines	GPIO extendido de 40 pines
Puertos	4 puertos USB 2
	Puerto de cámara CSI HDMI de tamaño completo para conectar la cámara Raspberry Pi
	Puerto de pantalla DSI para conectar la pantalla táctil
	Puerto Micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos
Salidas	Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
Alimentación	Fuente de alimentación micro USB conmutada actualizada (ahora admite hasta 2,4 amperios)

Fuente: (Farnell AN AVNET COMPANY, 2016)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.2.2.3 Cámara

Para monitorear el proceso realizado por los cilindros doble efecto se instaló una cámara IP, puesto que, este tipo de cámaras se pueden conectar directamente al internet y son utilizadas para vigilancia de lugares transmiten imágenes de video en tiempo real. La cámara seleccionada posee excelentes características mostradas en la Tabla 24-3.



Figura 33-3. Cámara IP

Fuente: (HIKVISION, 2016)

Tabla 24-3: Características de cámara IP Hikvision

Código:	DS-2CD1021-I
Sensor de imagen	CMOS de escaneo progresivo de 1/2.8"
Min. Iluminación	Color:0.01 Lux @ (F1.2,AGC ON), 0.028Lux @ (F2.0,AGC ON); B/N: 0.001Lux @ (F1.2, AGC ON),0.0028 Lux @ (F2.0, AGC ON), 0 Lux con IR
Lente	2,8/ 4/6 mm
Montura del lente	M12
Día y Noche	Filtro de corte IR
IMAGEN	
Max. Resolución de imagen	1920 x 1080
Sub corriente	60 Hz: 30fps (640 x 480, 640 x 360, 320 x 240)
Configuración de imagen	Modo de rotación, saturación, brillo, contraste ajustable por software del cliente o navegador web
BLC	Apoyo
Interruptor día/ noche	Día, Noche, Automático, programado
RED	
Protocolos	TCP / IP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP,RTCP, NTP, UPnP, SMTP, IGMP.
Función General	Antiparpadeo, Latido del Corazón, Espejo, Protección con Contraseña
INTERFAZ	
Interface de Comunicación	1 Puerto Ethernet autoadaptativo RJ45 10 M / 100M
GENERAL	
Rango IR	2.8 / 4 mm: hasta 20m 6 mm: hasta 30 m
Condición de Operación	-30 °C a 60 °C, humedad: 95% o menos (sin condensación)
Fuente de Alimentación	12 VDC ± 25%
El consumo de energía	12 VDC, 0.4 A, max. 5 W
Peso	Cámara: aprox. 270 g (0.6 lb.)

Fuente: (HIKVISION, 2016)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.2.2.4 Brazo metálico para instalación de cámara

Para instalar la cámara y que esta brinde una imagen completa del proceso, se realizó un brazo metálico para extender y poder ajustar la posición de la cámara, es de acero estructural y su peso aproximado es 1.27 kg. Se ubicará en la parte superior izquierda.

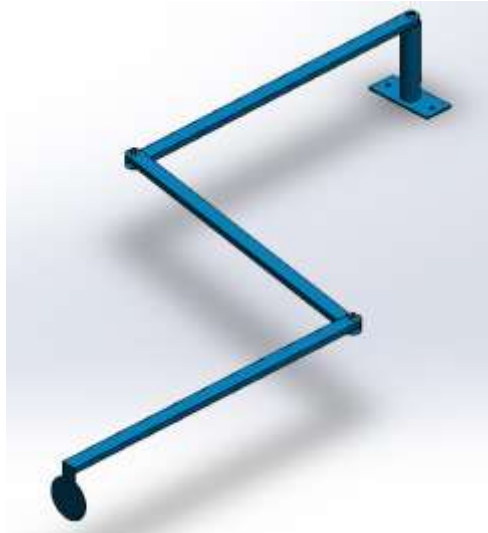


Figura 34-3. Brazo para cámara IP.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

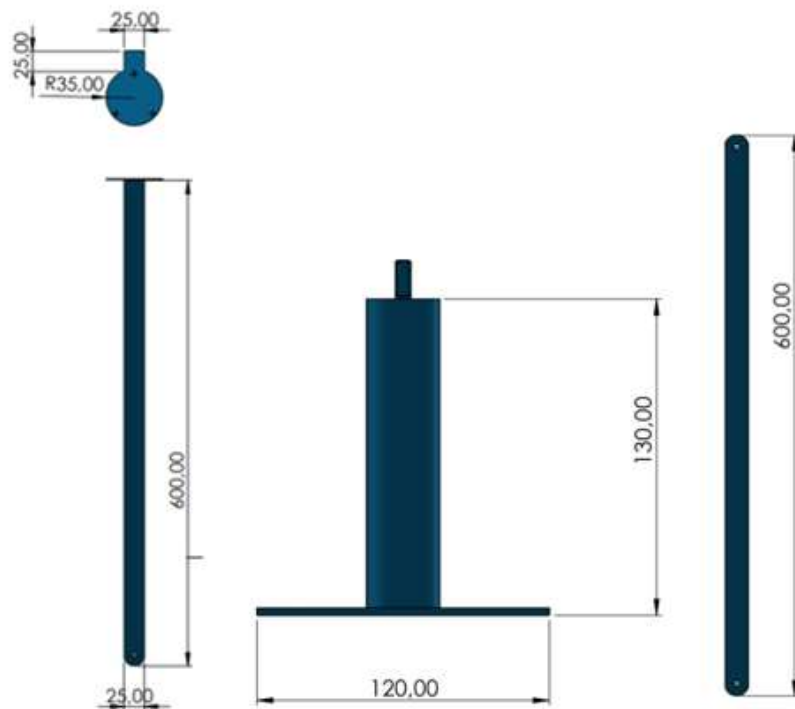


Figura 35-3. Dimensiones en [mm] de los elementos del brazo para cámara IP.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3 Montaje de Elementos de Automatización

3.3.1 Montaje del Circuito Eléctricos

Una vez determinado todos los componentes necesarios para la automatización del banco de cilindros oleohidráulicos y disponiendo de todas las herramientas se procede al armado del cuadro o tablero de control, asegurando que a medida que se arma el circuito eléctrico y red local; cada elemento sea ubicado según se muestra en la Figura 36-3 de esta forma el cableado se facilita, además se podrá tener una visión estética de los componentes.

Dentro de la caja de control eléctrico se instaló canaletas en las cuales se ubican los cables que conectan a los elementos formando el circuito eléctrico, tres filas de rieles donde están ubicados cada uno de los componentes.

En la primera fila se ubican los breakers, fuente de alimentación y transformador. En la segunda fila; el PLC, relé sólido y borneras, y en la tercera fila se coloca el guardamotor, contactor encargados de salvaguardar al motor y relés quienes se conectan con los finales de carreras para enviar la señal de la posición del vástago de los actuadores.

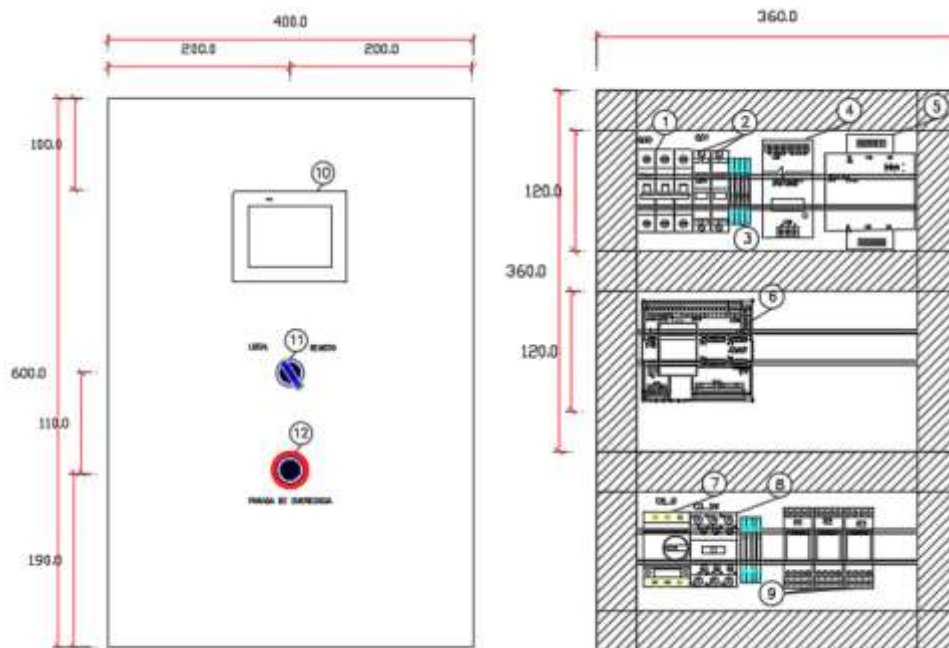


Figura 36-3. Plano de dimensiones y elementos principales del tablero de control.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

En base a la distribución expuesta en el plano de la Figura 36-3 se implementó cada uno de los dispositivos dentro del tablero de control, para luego continuar con la conexión de cada uno de

los componentes según se muestra en los planos de eléctricos de la Figura 37-3, donde se puede observar cómo están conectados el motor de la bomba con sus respectivas protecciones (breaker(Q00), guardamotor (CI_G), contactor(C1)), se muestra el transformador donde se conecta el PLC M221 y la fuente de poder 24V DC. La pantalla HMI esta enlazada a la fuente de poder entre los dos elementos esta un breaker (Q01; Q02) para controlar la energía al igual que el PLC.

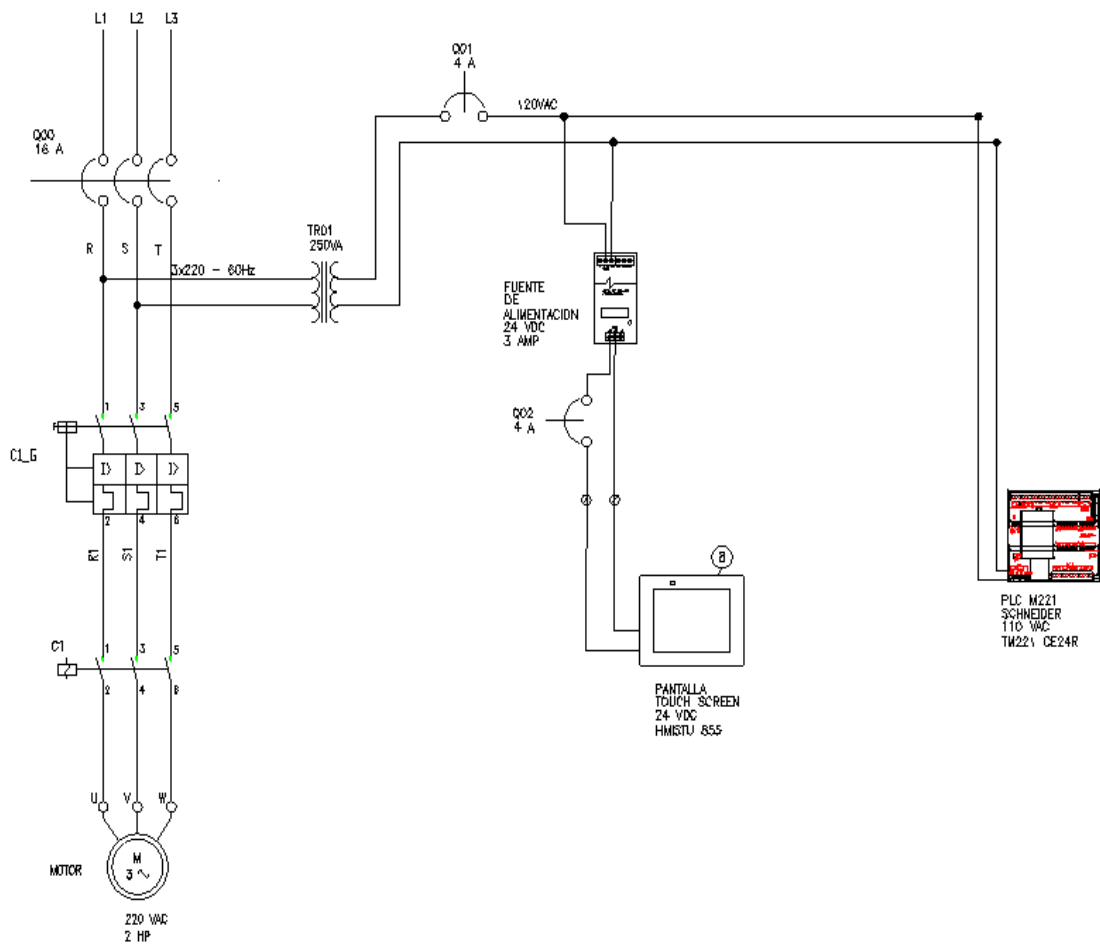


Figura 37-3. Plano de conexiones eléctricas de motor, bomba y PLC.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

El motor de la bomba es conectado a terminal de salida del PLC con un contactor de por medio como protección al encendido y apagado del motor como se muestra en la Figura 38-3.

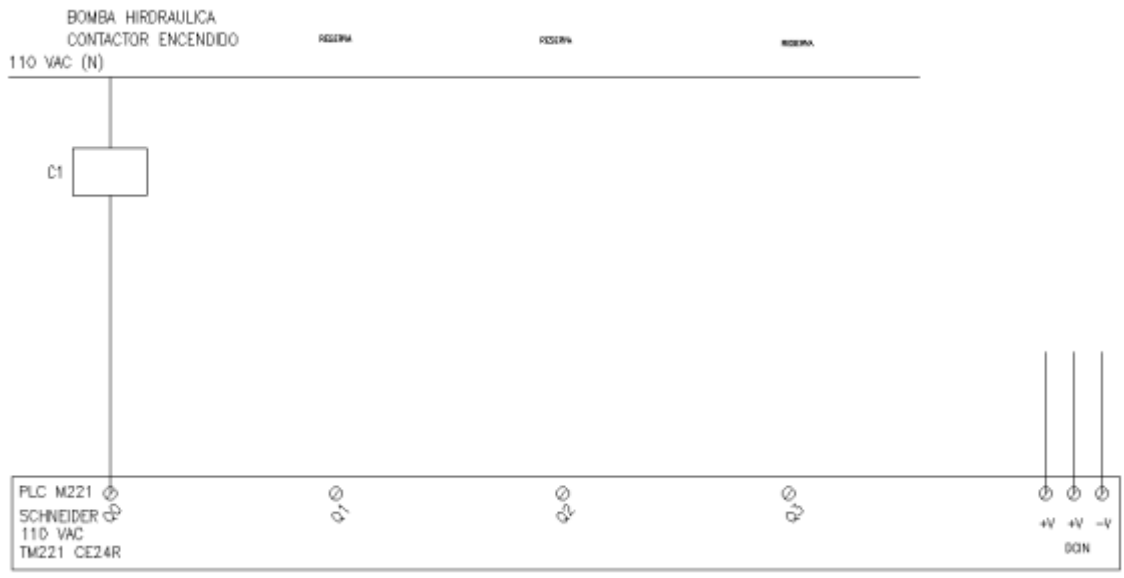


Figura 38-3. Conexión de motor de la HPU al terminal de salida del PLC.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

En el banco de pruebas se instalaron seis finales de carrera, dispuesto de tal manera que los topes del vástago activen los contactos de los sensores al concluir la acción ya sea de, salida o retorno. Cada sensor se conectó a un terminal de conexión de entradas del PLC y su alimentación es de 24VDC como se muestra en la Figura 39-3, además como entradas se conectó el selector que ocupa dos terminales, puesto que, cada estado será una entrada que obedecerá a un control diferente (local/remoto).

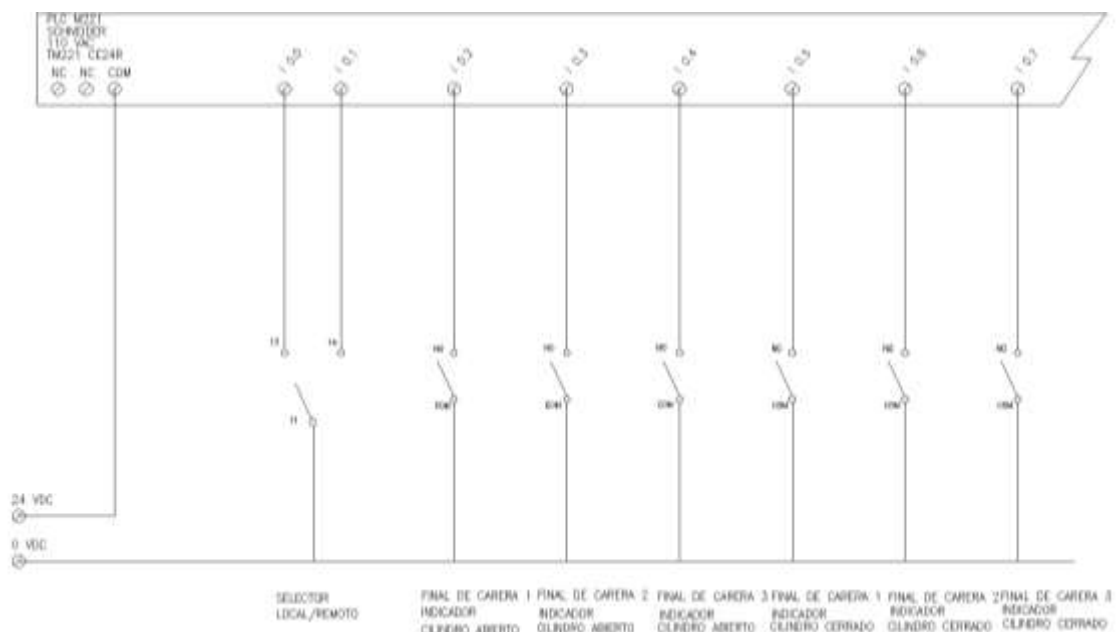


Figura 39-3. Conexión de los finales de carrera a los terminales de entradas del PLC.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Los solenoides de las válvulas direccionales están conectados a tres terminales de salidas del PLC, si bien es cierto son seis solenoides, pero se decidió controlar con tres relés electromagnéticos uno para cada válvula direccional, de este modo la automatización inicia a un solenoide activado y cuando requiera activar otro estado se cierra el circuito cambiando de posición como se muestra en la Figura 40-3.

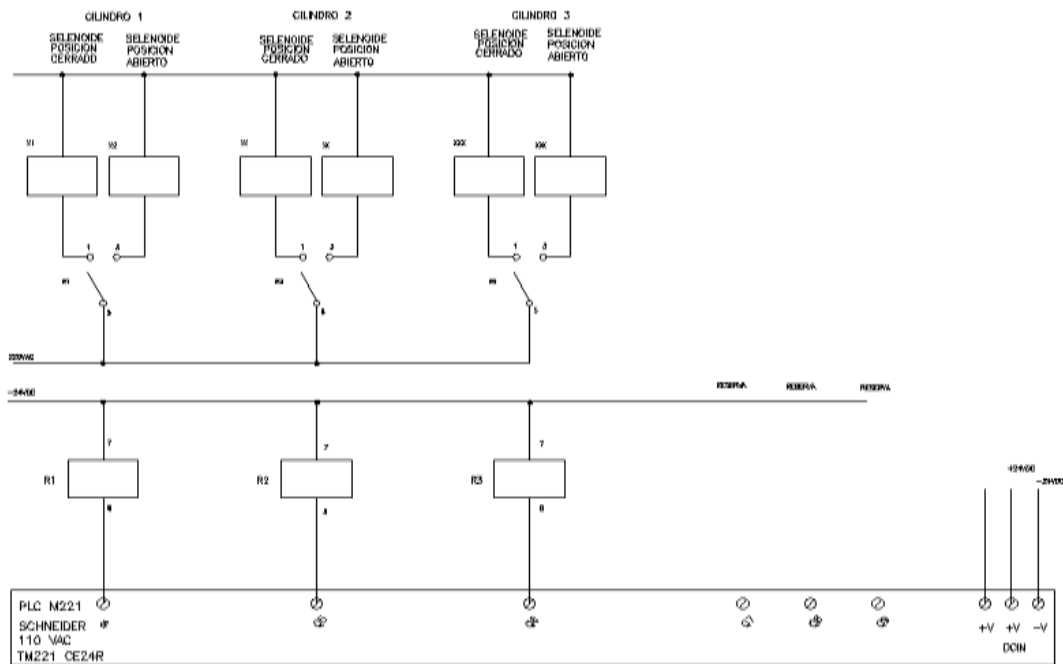


Figura 40-3. Conexión de solenoides.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.



Figura 41-3. Instalación del tablero de control en el banco de pruebas oleohidráulico.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Se preparó la caja térmica para la instalación de los elementos faltantes es así, que en la tapa del tablero se va a ubicar la pantalla HMI para el control Local, el selector para lo referente a la determinación del modo de trabajo del banco que puede ser de manera local o remota y un pulsador de emergencia el cual se presionara en caso de encontrar fallas en el sistema durante el trabajo. Se montó la caja a un costado del banco de pruebas e introdujo el tablero de control como se muestra en la Figura



Figura 42-3. Instalación de caja térmica a banco de pruebas oleohidráulico.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.



Figura 43-3. Instalación de puerta de la caja térmica.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Después de instalar la caja de control, se instaló cámara, raspberry pi y el router, es decir los demás componentes de la red local del LRV. Para la instalación de la cámara se incorporó un brazo metálico ubicado en la parte superior del banco de pruebas.



Figura 44-3. Caja de control del LRV terminada.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.2 *Desarrollo de Red Local del LRV.*

Para la intercomunicación entre la interfaz gráfica, la visualización y el control del sistema oleohidráulico se creó una red local cuyo elemento principal es el router con cinco puertos, donde, uno de ellos esta enlazada a la red ESPOCH de la Facultad de Mecánica, y los cuatro restantes fueron asignados a cada componente como se muestra en la Figura 45-3.

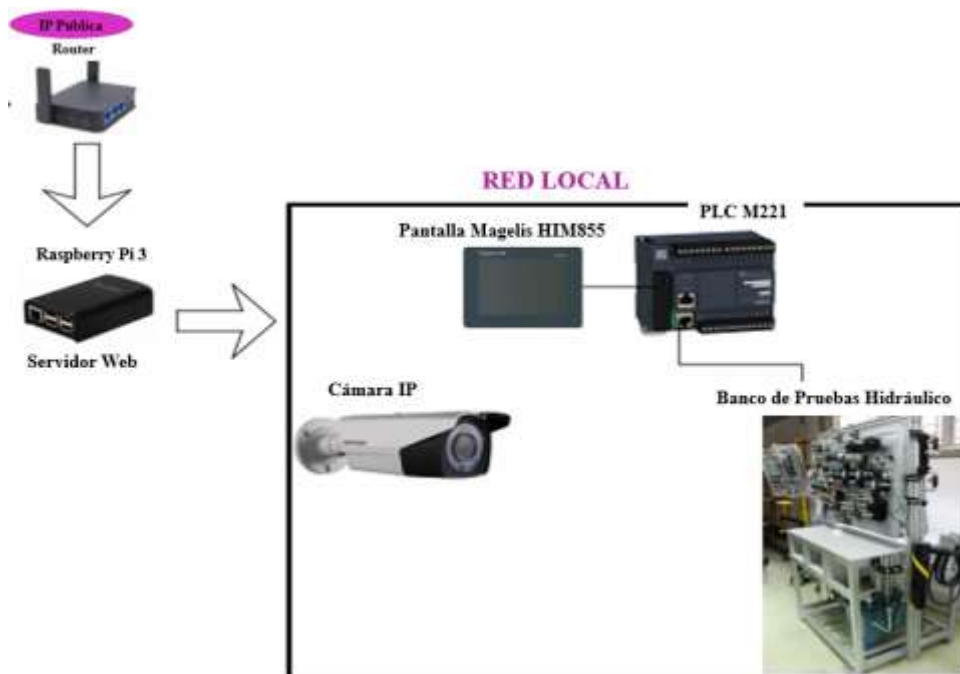


Figura 45-3. Diagrama de red local.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Se le asignó al router una IP estática que se traduce a una IP pública proporcionada por el DTIC (Dirección de Tecnología de la Informática y Comunicación) de la ESPOCH. A esta IP pública

le fue asignada un DNS (Sistema de nombre de dominio) para facilitar el acceso a la página virtual, puesto que es esta dirección permitirá el control y gestión de datos del LRV.

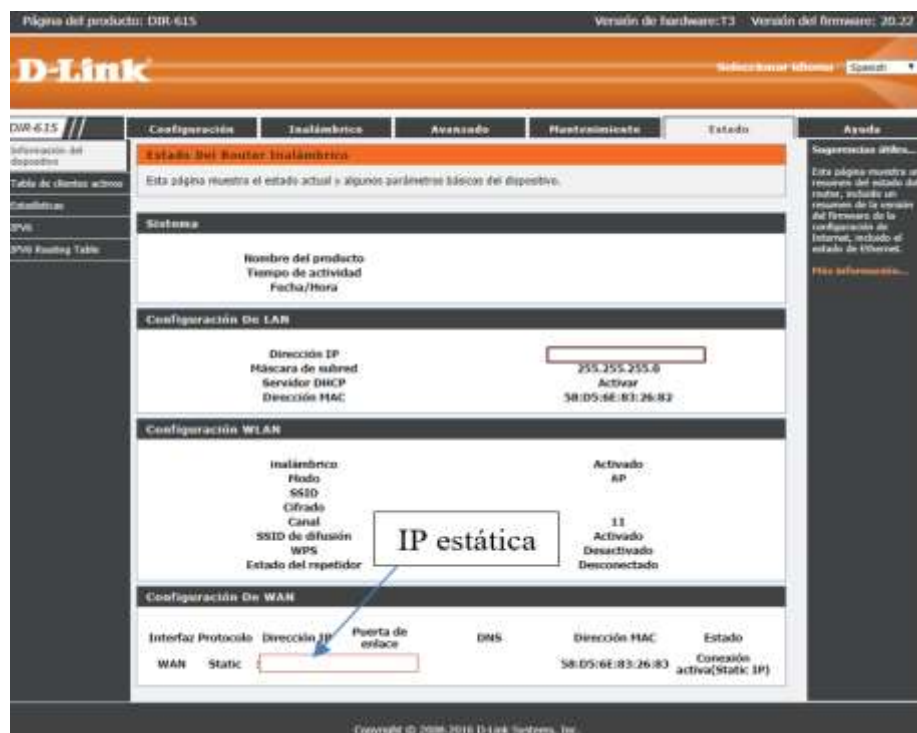


Figura 46-3. Asignación de IP estática al router.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Para la protección del tránsito de información se debe tomar las seguridades necesarias, puesto que, si un ciberdelincuente logra vulnerar la seguridad del servidor, es probable que todos los dispositivos conectados a la red sean comprometidos; al permitir el acceso desde internet del LRV aumenta el riesgo de incidentes de seguridad no solo con los equipos del laboratorio si no también con los propios servidores de la red institucional, por lo tanto, se tomaron todas las medidas necesarias para evitar tales eventualidades, como firewall y una red local denominada DMZ (zona desmilitarizada). Los cortafuegos son seguridades propias que brinda la red institucional para la protección de sus servidores e información, y una zona desmilitarizada es la red donde se encuentra solo lo que se quiere mostrar en internet como, por ejemplo, el servidor web (INCIBE, 2019). En la Figura 47-3 se describe el tráfico de información permitida y denegada por firewall y DMZ.

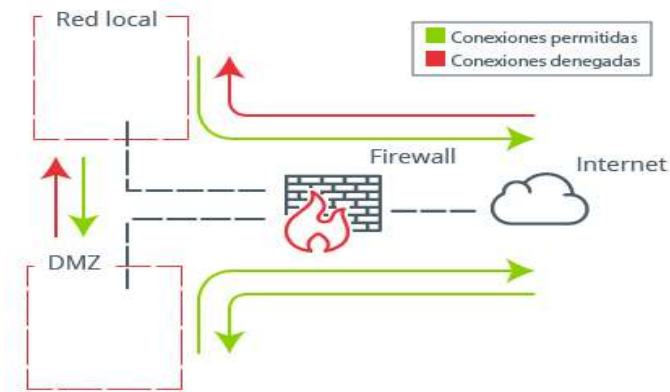


Figura 47-3. Tráfico permitido y denegado por firewall.

Fuente: (INCIBE, 2019)

Para minimizar los problemas de seguridad se conformó una red local administrada por un router, estableciendo la dirección IP del raspberry pi, dispositivo en el cual se instala el servidor web del LRV, es decir, procesa todos los datos de registros, reservas de prácticas y a la vez gestiona la visualización y el control del sistema hidráulico.



Figura 48-3. Configuración del router para establecer zona desmilitarizada DMZ.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Al establecer una DMZ host se tendrá abierto todos los puertos del router menos el de sección NAT (Direcciones de Red), esta sección permite que un solo dispositivo actúe como enrutador entre el internet y la red local, significando que solo una IP va a representar un grupo de dispositivos. Los componentes de la red local son: cámara IP que permite la visualización del proceso a controlar, HMI establece el estado en que se encuentra el banco de pruebas y el PLC controla mediante su programación el proceso de las secuencias.

3.3.3 *Instalación de servidor Web*

Al seleccionar como servidor una raspberry implica que se procederá a trabajar con software libre, lo cual es una ventaja, puesto que, permite libertad de uso, redistribución, modificación y redistribución de las modificaciones (CHAPARRO, 2006). Se instaló un servidor LAMP que es una agrupación de software de código libre que se instala a un servidor para albergar sitios o aplicaciones web.



Figura 49-3. Acrónimo de servidor LAMP.

Fuente: (Digital Guide IONOW, 2016)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

El acrónimo de servidor LAMP es Linux, Apache, MySQL/MariaDB y PHP, este paquete de tecnología de código abierto define la infraestructura de un servidor Web y soporta varios lenguajes de programación entre ellos Perl y Python para las paginas dinámicas. Encargado de despachar los contenidos de un sitio Web a los usuarios.

La instalación del servidor LAMP debe instalarse previamente el sistema operativo Raspbian y por consola como súper usuario Apache2, seguido de php y concluyendo con el gestor de la base de datos MariaDB.

La aplicación que permite gestionar servidores de base de datos MariaDB desde una interfaz web, gratuita y de código libre es phpMyAdmin, siendo primordial que antes de instalar debe se debe disponer de un servidor web totalmente instalado y en buenas condiciones de funcionamiento, además se añadió extensión “mysql.so” y “Include /etc/phpmyadmin/apache.conf en: /etc/apache2/apache2.conf” toda esta instalación fue realizada mediante consolas como se muestra en (RANDOM NERD TUTORIALS , 2019).

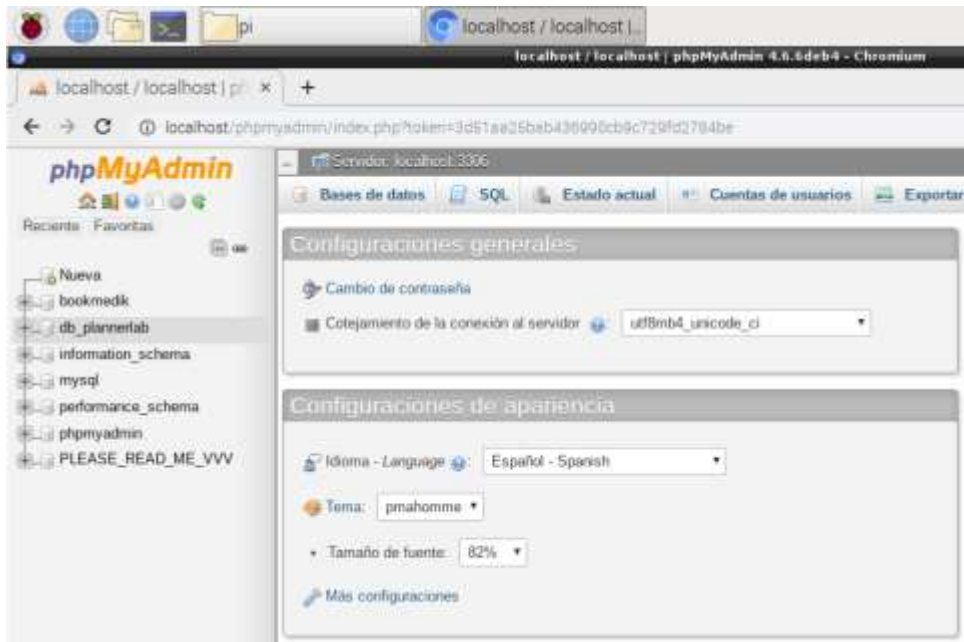


Figura 50-3. Interfaz de phpMyAdmin, herramienta para gestión de base de datos.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.4 *Software y lenguajes de Programación y Comunicación*

Para el desarrollo de la programación del PLC, Pantalla HMI y la página Web se seleccionó softwares de sus fabricantes en cuanto a los dispositivos y de código libre para el sitio web. Con el fin, de que su programación este estructurada lógicamente y no presentes irregularidades cuando el usuario ejecute las actividades requeridas.

3.3.4.1 *SoMachine: Programación de PLC.*

El controlador lógico programable (PLC), al ser de Schneider Electric, sus fabricantes han desarrollado el software SoMachine, el cual permite realizar un programa de control estructurado por una serie de instrucciones en cualquiera de sus cuatro lenguajes de programación compatibles como son: Lenguaje de diagramas de contacto, lenguaje de lista de instrucciones, Grafcet (lista) y Grafcet (SFC). Puede adicionar más dispositivos de la misma central SoMachine, también muestra plantillas para añadir diferentes dispositivos y distintas funciones dentro de la programación. (Schneider Electric, 2019)

La comunicación de SoMachine tiene como característica detectar los controladores disponibles dentro de la red interna Ethernet, formada por el PLC y pantalla HMI. El control de los actuadores y la unidad hidráulica de potencia, fue elaborada utilizando el lenguaje de programación ladder o diagramas de contactos, mismo que puede modificar, supervisar, interactuar, leer el estado de los

controladores y detectar los errores lógicos vía online conectándose a la red Ethernet del sistema conforme se activa el mismo.

El PLC está programado para que cada vez que inicie el proceso de encendido de la HPU, los cilindros automáticamente regresen a la posición de retracción, para los dos estados local y remoto. Posee una extensa programación que permite realizar casi cualquier secuencia siempre y cuando sea de un máximo de cuatro grupos, y la primera secuencia inicie con los vástagos de los cilindros en posición inicial.

El selector está programado para que cuando cambie de posición, el control del banco cambie, es decir, en el estado local solo se podrá realizar la práctica mediante la interfaz Hombre/Máquina o pantalla HMI, si en la plataforma se quisiera realizar la práctica de laboratorio y el selector esta en local, automáticamente mostrará un mensaje que el banco de pruebas esta en control local. De la misma forma si el selector se encuentra en posición remota, solo se podrá interactuar con la interfaz gráfica Web.

Se introdujeron bloques de funciones, los cuales permiten un tiempo de espera entre cada acción de los cilindros, que va de 0 a 10 segundos. Además, se incorporó mensajes de alerta, en caso de existir algún error al ingresar las secuencias y manipulación inadecuada del banco.

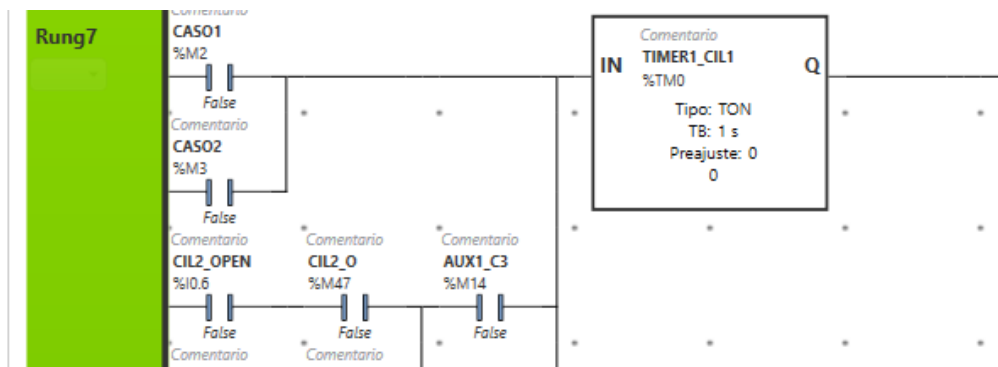


Figura 51-3. Programación ladder: Bloque de función timer del cilindro 1 (A)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.4.2 Vijeo Designer: programación de Pantalla HMI

La pantalla HMI es un controlador de la marca Schneider Electric, que posee su propio software para la programación, Vijeo-Designer se controlan las máquinas en tiempo real mediante Scripts siendo una ventaja la utilización de variables de origen externo, basado en lenguaje de programación Java. (CASADELVALL, 2012 pág. 110).

El controlador HMI permite al usuario manipular el banco real, se programó tres paneles, puesto que al crear un nuevo proyecto se crean por defectos estos se eliminaron para dar paso a la primera que consiste en la portada principal, cuenta con información de la institución, autoras y docente encargado como se muestra en la Figura 52-3.

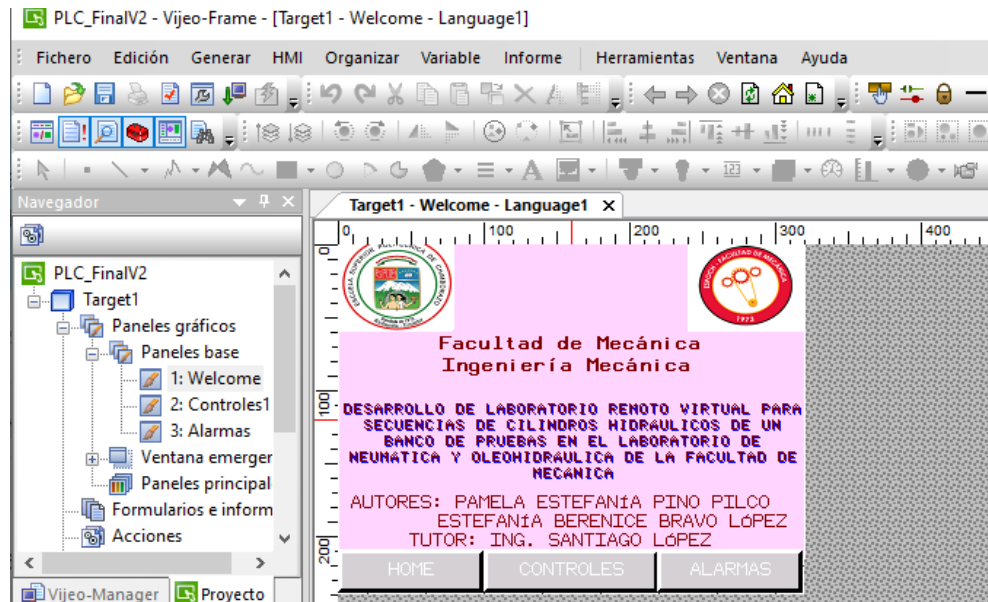


Figura 52-3. Diseño de la ventana principal de la pantalla HMI.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

El segundo panel se trata de los controles de las secuencias de los cilindros, este realiza la formación de grupos, indicadores, posiciones de salida o acción de los actuadores, y casillas para ingresar el tiempo en que se efectuará la acción de cada uno. Le permite al usuario crear cuatro grupos según sea la secuencia, disponer si el vástago del actuador sale o ingresa, le da la opción de validar la secuencia y editarla. Controla el encendido del motor, todo esto gracias a que al iniciar con la creación del proyecto se conecta con el PLC por medio del registro de la IP mediante ethernet.

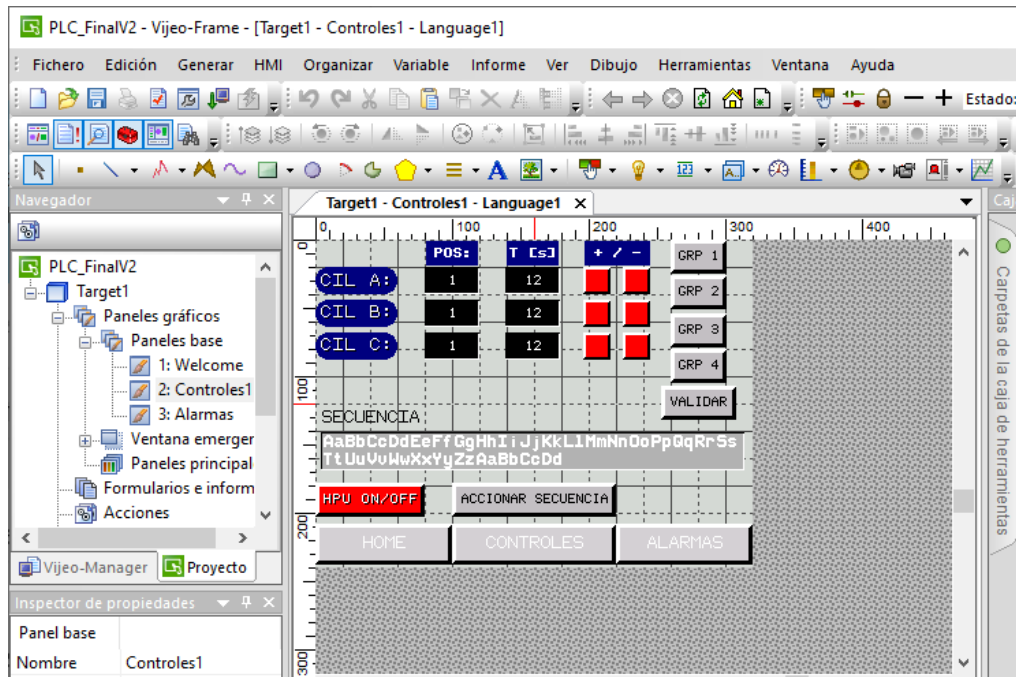


Figura 53-3. Panel de controles de los actuadores. Programación en Vijeo-Designer.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

El panel de alarmas, posee las posibles advertencias al usuario cuando se está realizando alguna acción incorrecta.

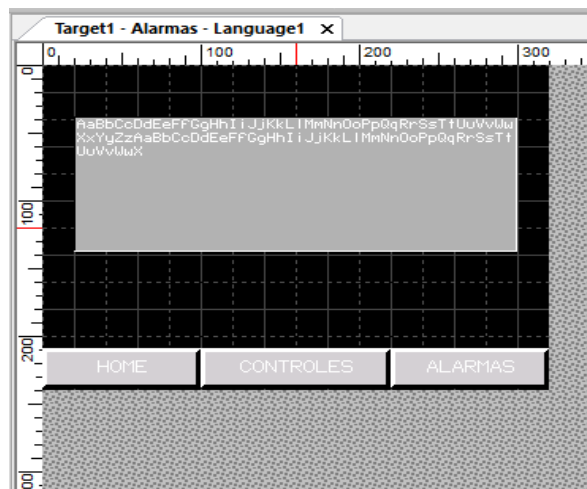


Figura 54-3. Panel de alarmas. de Vijeo-Designer.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.4.3 JavaScript: desarrollo de plataforma virtual del LRV.

Para el diseño y desarrollo de la página web se utilizó JavaScript cual es interpretado por todo tipo de navegador, se manipula mediante scripts y permite crear entornos mucho más dinámicos. Este lenguaje de programación es descifrado en el servidor creado en la raspberry por medio del

PHP cuya función es netamente traducir las órdenes del JavaScript para que lo entienda el servidor de datos.

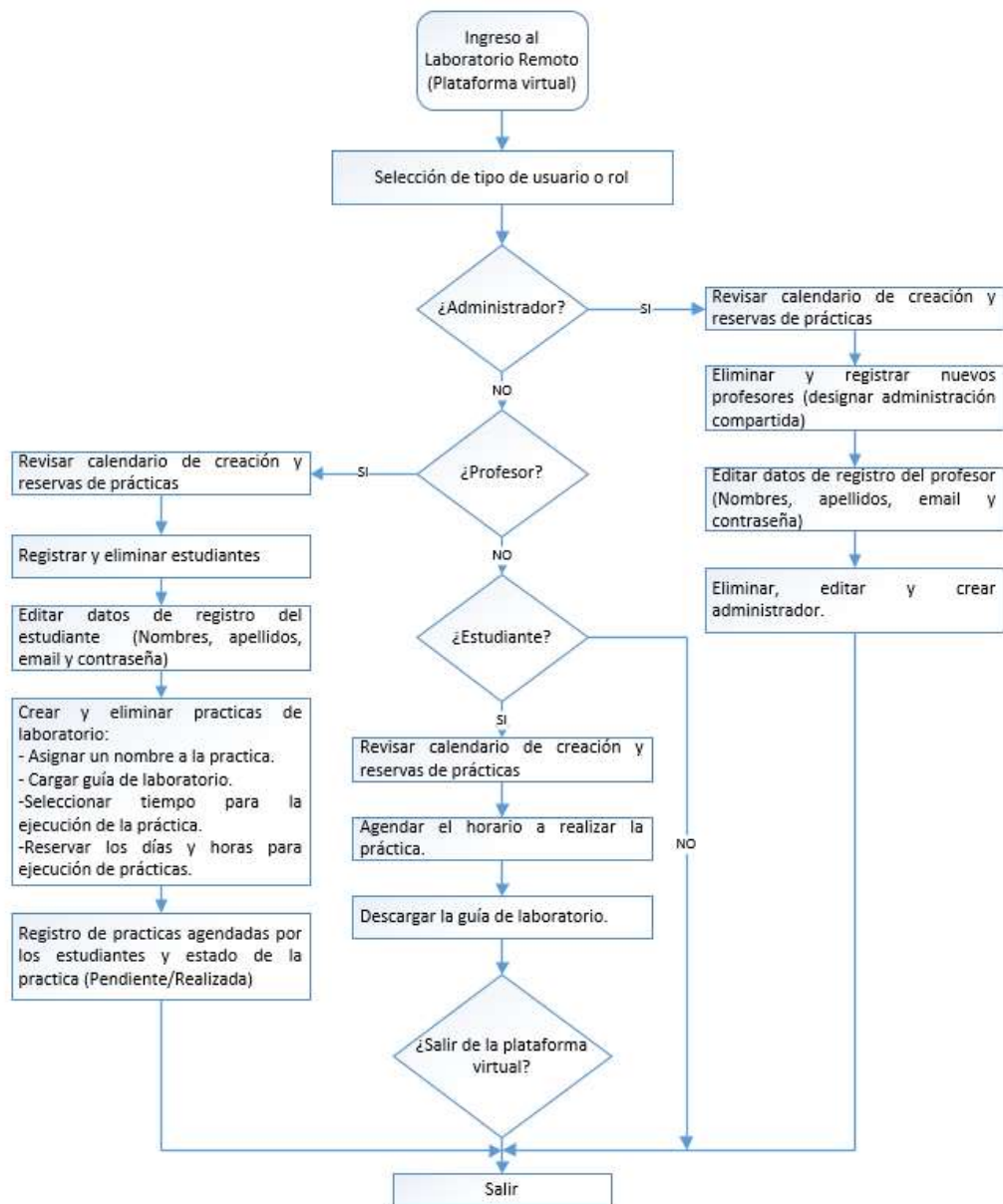


Figura 55-3. Flujograma de plataforma de LRV.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Para proceder al desarrollo de la página virtual, es necesario que se plantee el tipo de usuarios, las actividades que va a realizar y la información que cada tipo de usuario maneja y visualiza. Como se muestra en la Figura 56-3.

En la programación de la página web se ocuparon distintas librerías como herramientas para facilitar el desarrollo de la plataforma virtual, es decir, librerías que simplifican la programación, eficientes y de código libre, en la Figura 57-3,

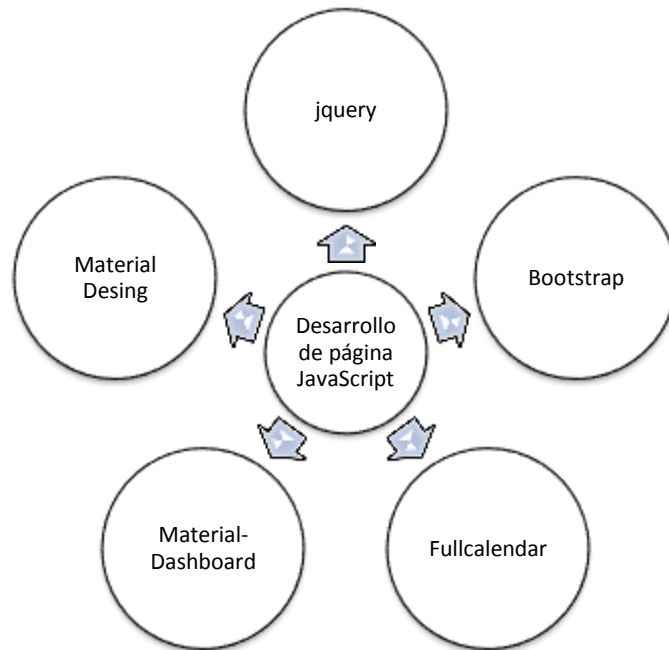


Figura 56-3. Librerías de JavaScript para desarrollo de la página web del LRV.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.4.3.1 *Librería jquery*

En la programación de la página web se ocuparon distintas librerías una de ellas es jquery la cual es capaz de simplificar los códigos de JavaScript para ser entendida en la tarjeta programable y hacer más simple el código de programación.

3.3.4.3.2 *Librería fullcalendar*

Esta librería función dentro del código es obtener funciones de calendario que permitan tener constancia de año, mes y día para realizar la reserva y asignación del horario de la práctica, es decir, dirigida a la función específica. Se programó el calendario de modo que cuando exista una práctica creada se pueda visualizar en el recuadro del día propuesto, donde al ingresar al recuadro aparece una ventana con los datos del nombre de la práctica, profesor que la creo, estudiante, y el horario; este calendario es global y lo podrá ver los tres tipos de usuario (administrador, profesor y estudiante).

```

categoryData.php x fullcalendar.print.css x
1  |  /*!
2  |  * FullCalendar v2.3.2 Print Stylesheet
3  |  * Docs & License: http://fullcalendar.io/
4  |  * (c) 2015 Adam Shaw
5  |  */
6  |
7  |  /*
8  |  * Include this stylesheet on your page to get a more printer-friendly calendar.
9  |  * When including this stylesheet, use the media='print' attribute of the <link> tag.
10 |  * Make sure to include this stylesheet IN ADDITION to the regular fullcalendar.css.
11 |  */
12 |
13 |  .fc {
14 |    max-width: 100% !important;
15 |  }
16 |
17 |
18 |  /* Global Event Restyling
19 |  -----
20 |
21 |  .fc-event {
22 |    background: #fff !important;
23 |    color: #000 !important;
24 |    page-break-inside: avoid;
25 |  }
26 |

```

Figura 57-3. Programación en formato CSS de la librería Fullcalendar

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

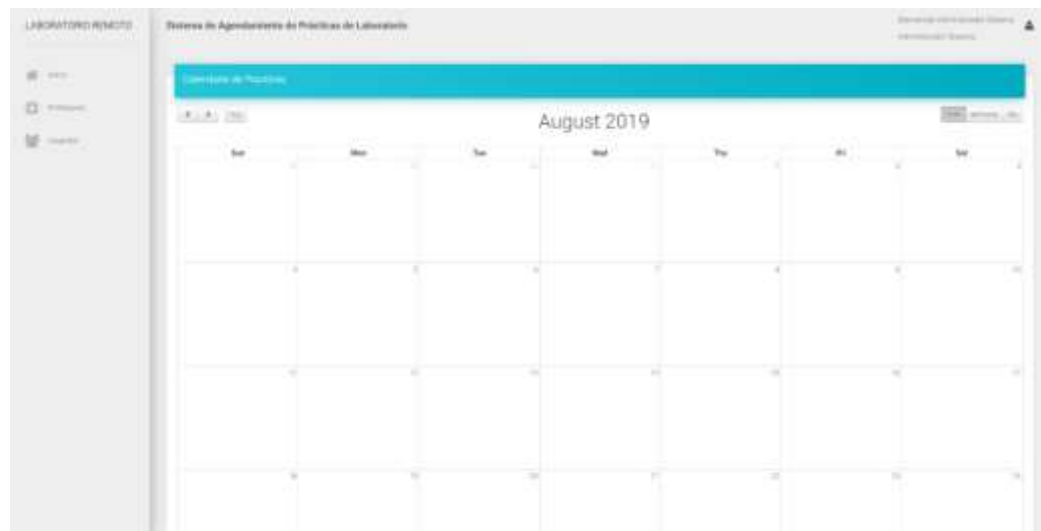


Figura 58-3. Pantalla de inicio de página Web. Calendario

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.4.3.3 Material-Dashboard

Librería de JavaScript utilizada para añadir el menú de selección de cada actividad encontrada en al costado izquierdo de la página donde encontramos la pestaña que corresponden al contenido del tipo de usuario.



Figura 59-3. Menú de tareas (administrador, docente y estudiante).

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.4.3.4 Bootstrap

Material Desing y Bootstrap son un equipo de librerías que permiten desarrollar hostings con HTML y JavaScript, con lo cual se diseñó la plataforma y dio el aspecto visual en los cuadros buscando una visualización agradable y personalizar el ingreso de cada profesor registrado identificando para mejorar la identificación de los estudiantes. Material también se utilizó para permitir el ajuste o adaptación del según la pantalla del dispositivo en el cual se utilice ya sea fijo o móvil.



Figura 60-3. Pantalla principal de la plataforma virtual.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Figura 61-3. Formulario de registro de profesores.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

```

addteacher-action.php x adduser-action.php x
5
6 require 'assets/PHPMailer/src/Exception.php';
7 require 'assets/PHPMailer/src/PHPMailer.php';
8 require 'assets/PHPMailer/src/SMTP.php';
9
10 // Instantiation and passing 'true' enables exceptions
11 $mail = new PHPMailer(true);
12
13 $rx = UserData::getRepeated($_POST["cedula"]);
14 //if($rx->name==null){ echo "Nulllllllll"; }
15
16 if ($rx == null) {
17     $is_admin = 0;
18     if (isset($_POST["is_admin"])) {
19         $is_admin = 1;
20     }
21
22     $user = new UserData();
23     $user->name = $_POST["name"];
24     $user->lastname = $_POST["lastname"];
25     $user->username = $_POST["username"];
26     $user->email = $_POST["email"];
27     $user->is_active = 1;
28     $user->is_admin = $is_admin;
29     $user->password = sha1(md5($_POST["password"]));
30     $user->ufvpe_id = $_POST["ufvpe_id"];

```

Figura 62-3. Programación en php del formulario de registro del profesor.

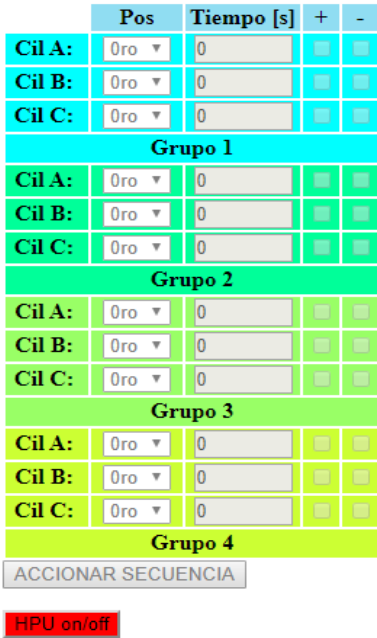
Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.4.4 Python

Python es un lenguaje que utiliza script, el cual es simple y versátil orientado especialmente a objetos y tendrán cualquier tipo de programación. Para el diseño y control del circuito encontrado

en el banco de pruebas se utilizó dos librerías que ofrece este lenguaje de programación las cuales son: cherry pi y modbus TCP/IP.

Tabla 25-3: Librerías complementarias de Python

Cherry	Modbus TCP/IP
Es la librería orientada a objetos donde se diseñó la interfaz de control del PLC esta permitirá controlar los actuadores libremente según la secuencia pre-establecida por el usuario. Generada mediante código simples y versátiles	Librería utilizada para la conexión siguiendo el protocolo solicitud-repuesta o maestro-esclavo entendiéndose como solicitud o maestro la interfaz diseñada con la librería cherry que será manipulada por el estudiante y esclavo será el controlador en este caso el PLC ubicado en el circuito eléctrico del banco encargado de enviar las señales a las electroválvulas para accionar a cada uno de los actuadores ubicados en el panel del banco de pruebas; asegurando así una transferencia de datos adecuada, a través de, una capa serial del tipo TCP/IP.
	

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.5 Interfaz gráfica de usuario

La página web creada es una plataforma que cuenta con acceso de tres tipos de usuarios con la disponibilidad de manejar información similar y diferente a la vez. El usuario según sea el rol que desempeñe puede realizar actividades y disponer de información relevante que hará de uso del LRV una herramienta efectiva para el aprendizaje y optimización de recursos.

Después de desarrollar la interfaz gráfica y realizar el enlace entre el control del banco de pruebas oleohidráulico, queda complementado el LRV, el usuario debe ingresar al enlace <http://laboratorioremotofm.esPOCH.edu.ec/> allí se encuentran tutoriales guías para el desenvolvimiento dentro de la plataforma virtual del profesor y el estudiante, por cuestiones de seguridad, el administrador posee información privilegia para gestionar todo lo referente al LRV. La pantalla principal cuenta con un sistema de acceso que distingue el rol a desempeñar, ya sea de administrador, profesor o estudiante como se muestra en la figura 63-3.



Figura 63-3. Página principal para acceder al LRV.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3.3.5.1 Características de interfaz gráfica del LRV: Administrador

El administrador es el usuario encargado de gestionar el registro de profesores, y a su vez eliminar profesores, es decir, si el administrador elimina a un profesor se eliminarán estudiantes y practicas creadas por el mismo. La plataforma virtual está diseñada de tal manera que el administrador esta primero en el proceso de registro de usuarios del LRV. En la figura 3-64 se muestra el orden que sigue la gestión de información. Los datos de registro del administrador pueden ser modificados en la misma plataforma o a su vez editados en la base de datos dentro del servidor web.



Figura 64-3. Orden jerárquico de usuarios del LRV.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

En la barra lateral se encuentran un menú con varias opciones como: inicio, profesores y usuarios; cada opción representa una actividad y un paquete de información que gestiona el administrador.

La ventana de Inicio muestra un calendario donde se observarán las practicas reservadas por los profesores y los horarios de agendamiento de cada alumno en el recuadro del día con un color distinto según el profesor. Este calendario es el mismo para administrador, profesor y estudiantes, el administrador pueda verificar el correcto manejo del LRV, como se muestra en la figura 65-3.

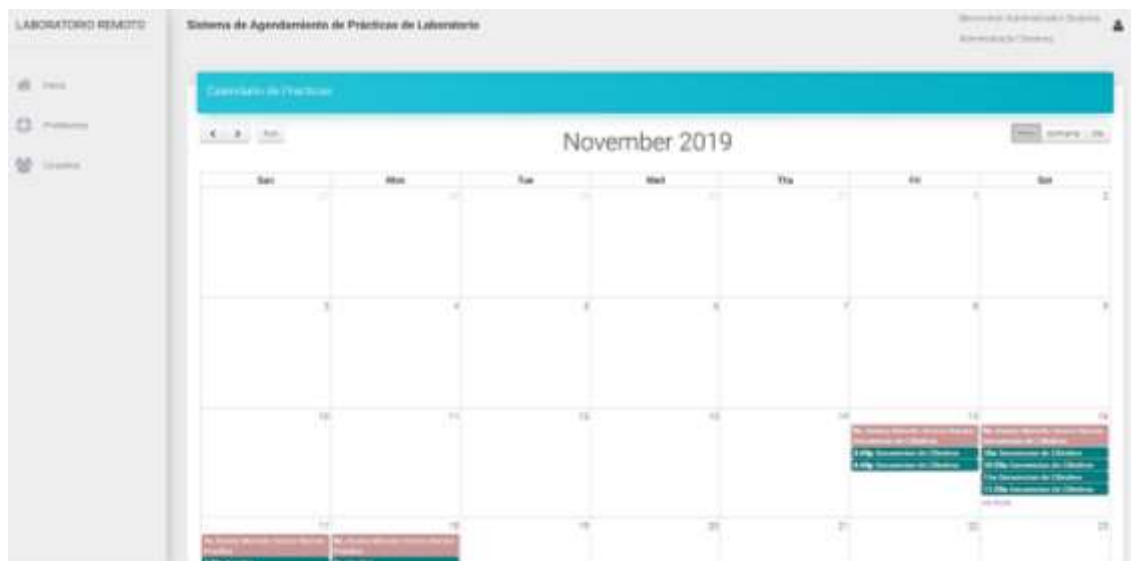


Figura 65-3. Pantalla de Inicio del administrador, calendario de agendamiento por mes.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

El calendario muestra las prácticas reservadas por los docentes registrados, permitiendo visualizar por mes, semanas y día las actividades futuras y ya realizadas con el fin de que la información se ajuste a la comodidad de visualización de cada persona. Los tres tipos de usuarios poseen las mismas características de calendario.

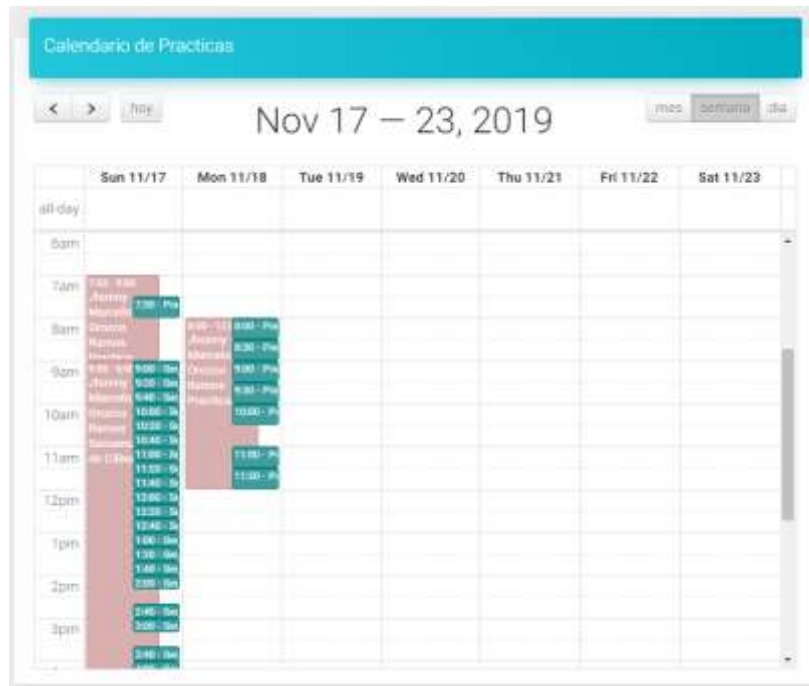


Figura 66-3. Calendario de agendamiento por semanas.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

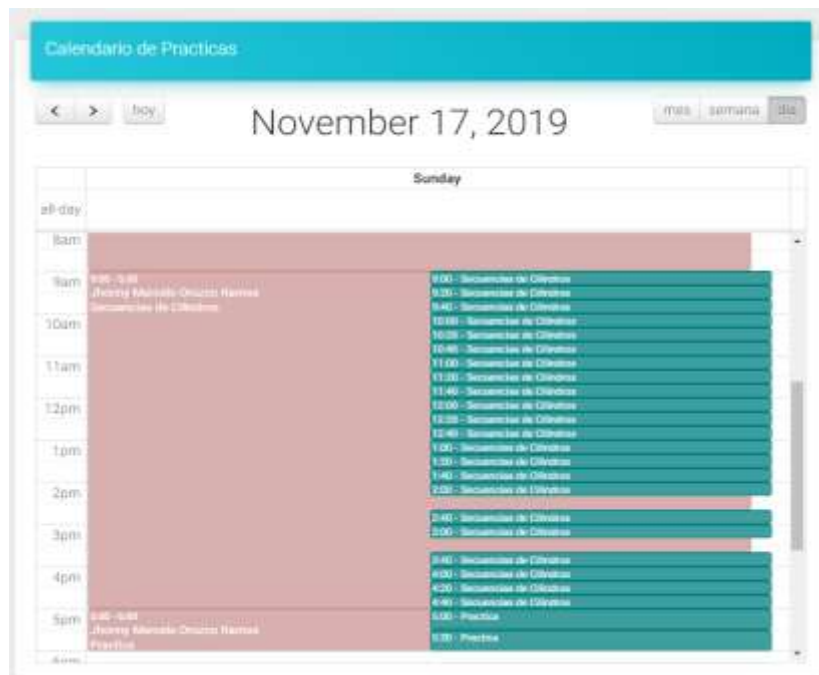


Figura 67-3. Calendario de agendamiento por día.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

El recuadro de color indica que existe una práctica registrada en el día marcado, el usuario debe dar un clic para conocer los datos como Profesor, fecha, hora de inicio y fin de la práctica reservada como se puede ver en la figura 68-3

Sistema de Agendamiento de Prácticas de Laboratorio

Título de la Práctica: Secuencias de Cilindros

Profesor
Johnny Marcelo Orozco Ramos

Fecha
2019-11-17

Hora inicio
09:00

Hora fin
17:00

Figura 68-3. Datos de reserva de prácticas del profesor.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

El estudiante posee el color cian oscuro como distintivo, es aquí que los usuarios pueden ingresar al recuadro con el horario reservado y observar los datos del estudiante y su profesor.

Título de la Práctica: Secuencia de Cilindros

Estudiante
Whiana Pino

Profesor
Santiago Alejandro Lopez Ortiz

Fecha
2019-12-06

Hora
11:00

Estado de la Práctica
Pendiente

Figura 69-3. Datos de reserva del estudiante.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

La ventana de profesores permite crear y eliminar profesores, en primera instancia muestra una lista de los profesores previamente registrados con las opciones de editar los datos inscritos o eliminar el usuario como se puede observar en la figura 70-3.

Nombre completo	Nombre usuario	Email	Activo	Admin	
Jhonny Marceles Orozco Ramos	jhonnyorozco	ati@jive.com	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	EDITAR ELIMINAR
Santiago Alejandro López Ortiz	santiaGolopez	sa@lu.ec	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EDITAR ELIMINAR

Figura 70-3. Sistema de registro de profesores.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

El administrador es el único que puede registrar a un docente, y llenará un registro con datos como nombres completos, número de identificación ciudadana, dirección de correo electrónico y asigna un usuario con contraseña, datos que el sistema envía al correo proporcionado por el profesor, y de esta forma conocerá los datos para el acceso al sistema del LRV. Cuando se registra un profesor, el administrador le asigna un color con el fin de distinguir a el docente que reserva la practica en el calendario de agendamiento.

Figura 71-3 Formulario de registro de datos de profesores del LRV.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019



Figura 72-3. correo con los datos de acceso del profesor.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

En la ventana usuarios se puede editar los datos del administrador, si se presenta el caso de cambiar de administrador por cualquier eventualidad.

3.3.5.2 Características de interfaz gráfica del LRV: Profesor

El profesor es el usuario registrado previamente por el administrador del LRV, debe ingresar al sistema mediante el rol de profesor con los datos que fueron enviados por el sistema de registro. La barra lateral tiene las opciones de inicio, estudiantes, practicas agendadas, y lista de prácticas. En caso de que el administrador designe a un profesor como administrador a estas opciones se añaden profesores y usuarios.

La ventana de la opción inicio es la misma que el administrador sin cambio alguno en cuanto a la información que muestra.



Figura 73-3. Pantalla de Inicio del profesor, calendario de agendamiento por mes.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

La ventana de estudiantes permite crear y eliminar un listado estudiante y editar datos de registro.



Figura 74-3. Lista de estudiantes registrados.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

En el botón “nuevo estudiante” aparece un formulario de registro con datos que el docente debe ingresar para cada estudiante siguiendo el mismo proceso de registro que el administrador, y de igual manera asignar usuarios y contraseñas a cada uno de los estudiantes.

Nuevo Estudiante

Nombre:

Apellido:

Numero de Cédula:

Numero de correo:

Correo:

Contraseña:

Tipo de usuario:

AGREGAR ESTUDIANTE

Figura 75-3. Formulario de registro de los estudiantes.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

La opción “Lista de prácticas”, permite crear nuevas prácticas con horarios preestablecidos y eliminar prácticas creadas, además, muestra los datos de la práctica que se crearon con anterioridad.

Nombre de la práctica	Guía de la práctica	Tiempo asignado	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5		Día 6							
			Fecha	Hora inicio	Hora fin	Fecha	Hora inicio	Hora fin	Fecha	Hora inicio	Hora fin	Fecha	Hora inicio	Hora fin						
Seminario de Química	Seminario de Química.pdf	20 min	2019-11-18	09:00	17:00	2019-11-18	09:00	17:00	2019-11-18	09:00	17:00	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	✖
Práctica	Practica.pdf	30 min	2019-11-18	09:00	09:30	2019-11-18	11:00	14:30	2019-11-18	09:00	12:00	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	✖

Figura 76-3. Lista de prácticas creadas.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

Al crear una nueva práctica, el profesor puede seleccionar el tiempo que durará cada práctica (recomendado 20 minutos), subir la guía de laboratorio en formato .pdf, seleccionar los días en que se efectuara la práctica tomando en cuenta el periodo máximo de funcionamiento, es decir, debe analizar que el periodo de pruebas no exceda las 6 horas continuas como se muestra en la Figura 77-3.



Figura 77-3. Formulario de creación de prácticas de LRV.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

La opción “Prácticas agendadas” despliega una ventana con un listado de alumnos que agendaron un horario para realizar la práctica y el estado en que se encuentra la práctica, es decir, si aún está pendiente o por el contrario efectuó la práctica, de esta manera el profesor podrá llevar un control del estudiante como se muestra en figura 78-3.

Lista de Prácticas Agendadas						
Titulo	Link	Estudiante	Fecha	Hora inicio	Hora fin	Estado
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Edwin David Soto Llerena	2019-11-16	16:40	17:20	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Juanfran Yerra Carrasco	2019-11-16	16:40	16:50	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Nelson Xavier Sandoz Guagun	2019-11-16	16:20	16:40	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Hugo Andres Lopez Aguirre	2019-11-16	14:40	15:00	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Freddy Daniel Alencar Vargas	2019-11-16	15:40	16:00	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Daniela Elizabeth Jaquez Hernandez	2019-11-16	15:00	15:20	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Wilber Alejandro Cruz Nieto	2019-11-16	16:20	16:40	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Yika Blain	2019-11-16	16:40	17:00	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Henry Gabriel Rivera Corzo	2019-11-16	16:00	16:20	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Mario Vinicio Aren Cuatrecasas	2019-11-16	11:20	11:40	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Federico Adnan Pineda Garcia	2019-11-16	11:00	11:20	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Carlos Luis Sotelo Guarnizo	2019-11-16	19:20	19:40	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Freddy Cesar Zapata Becerra	2019-11-17	09:20	09:40	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Nere Ivan Guath Milla	2019-11-17	11:00	11:20	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Diego Jonathan Jurado Sanguino	2019-11-17	09:00	09:20	Pendiente
Secciones de Circuitos	Secciones de Circuitos.pdf	Victorio Salome Pizarro Jurado	2019-11-17	09:00	09:20	Pendiente

Figura 78-3. Lista de prácticas agendadas por estudiantes.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019

3.3.5.3 Características de interfaz gráfica del LRV: Estudiante

El estudiante es quien ejecuta la práctica en el LRV, el calendario de agendamiento al igual que el administrador y profesor.

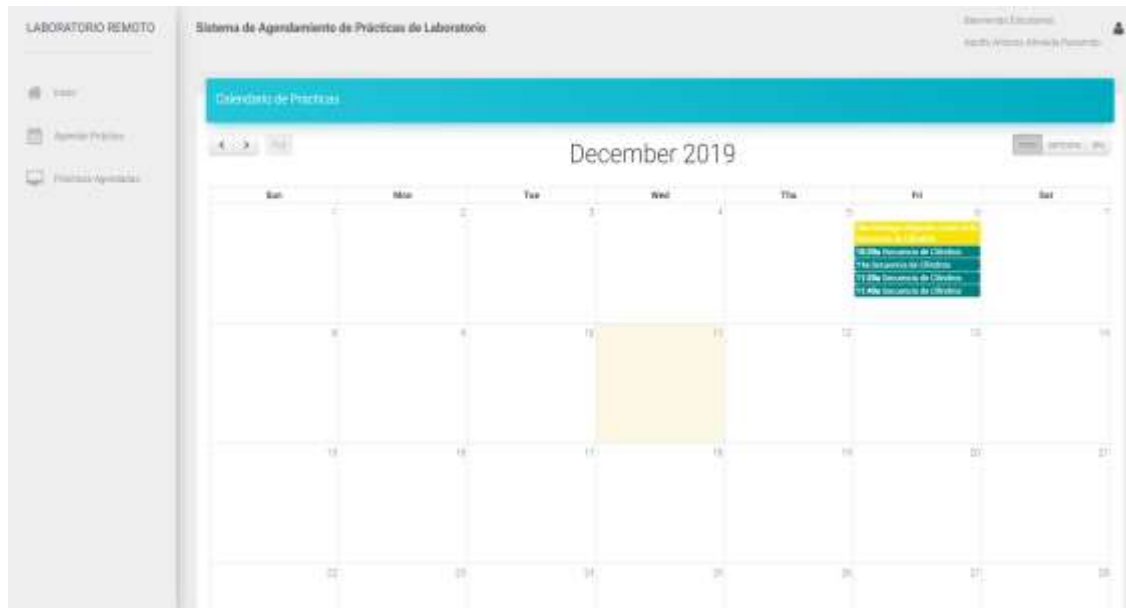


Figura 79-3. Pantalla de Inicio del Estudiantes, calendario de agendamiento por mes.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

La opción “Agendar práctica” muestra la lista de prácticas, días y horarios que el profesor ha reservado para que el estudiante agende su horario, dentro del intervalo de tiempo impuesto como se puede observar en la Figura 80-3.

Prácticas Disponibles								
Valor								
Número de la práctica	Código de la práctica	Tiempo (duración)	Fechas Disponibles					
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
Secuencias de Clases	Secuencias de Ejercicios	30 min	2019-11-15	2019-11-16	2019-11-17	NA	NA	NA
Práctica	Práctica	30 min	2019-11-15	2019-11-17	2019-11-18	NA	NA	NA

Figura 80-3. Prácticas de laboratorio disponibles.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Para ingresar al formulario de agendamiento de práctica, el estudiante debe hacer clic en la fecha disponible e ingresar los datos requeridos, seleccionar un horario disponible en la pestaña desplegable, es importante mencionar que estos horarios no se cruzaran con otros estudiantes, a medida que los estudiantes vayan reservando, va desapareciendo en la pestaña desplegable.

Figura 81-3. Formulario de agendamiento de prácticas de laboratorio.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

La opción “Practicar agendas” muestra una pantalla con la lista de prácticas reservadas con el horario de inicio y final, además registra el estado de la práctica, el sistema cambia el estado a “iniciar practica” en el momento de cumplir el horario reservado y cuando el periodo termine registrara pendiente en caso de no realizar la práctica de secuencias de cilindros como se muestra en la figura 82-3

Título	Guía	Estudiante	Fecha	Hora inicio	Hora fin	Estado
Secuencias de Cilindros	Secuencias de Cilindros.pdf	Sebastian Salazar	2019-12-18	10:20	10:40	Pendiente

Figura 82-3. Horario de prácticas de laboratorio reservado por el estudiante.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Título	Guía	Estudiante	Fecha	Hora inicio	Hora fin	Estado
secuencias de cilindros	secuencias de cilindros.pdf	Luis Fernando Cordova Jaramila	2019-11-15	11:45	12:00	Pendiente

Figura 83-3. Lista de prácticas agendadas, en el momento de iniciar con la práctica.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Al iniciar la practica, se desplegara una ventana donde se puede observar el control del banco de pruebas oleohidráulico y el video en tiempo real para observar el proceso mientras el estudiante realiza las secuencias de cilindros.



Figura 84-3. Ventana de ejecución de la práctica antes de iniciar secuencias.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Al accionar la primera secuencia automáticamente aparece un botón que finaliza la práctica y cambia el estado de la práctica a “Realizado”.

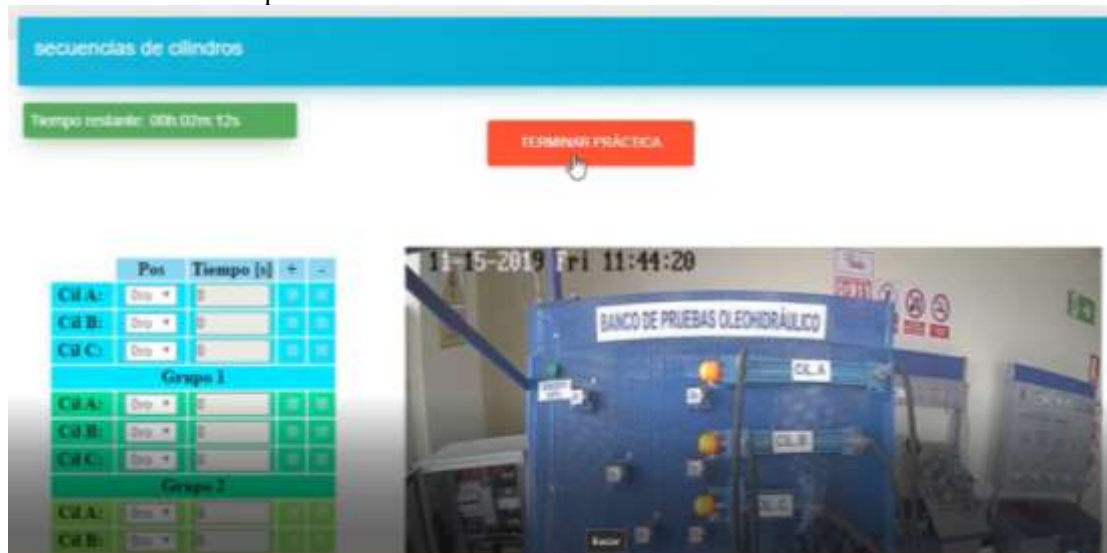


Figura 85-3. Ventana de ejecución de la práctica después de realizar las secuencias de cilindros.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

CAPITULO IV

4. Pruebas de Funcionamiento y Análisis de Resultados

4.1 Pruebas de Funcionamiento

Instalado todos los equipos de la automatización en el banco se realizó pruebas para comprobar el buen funcionamiento del banco y determinar si hay fallas en la programación después de programar diferentes secuencias con los cilindros.

La prueba en modo local se enfocó en monitorear la temperatura del aceite y las válvulas direccionales para evitar daños por exceder la temperatura de funcionamiento del aceite hidráulico como las bobinas de los solenoides. Las pruebas se realizaron durante seis horas consecutivas. En el reservorio el aceite hidráulico no debe superar la temperatura de 65°C y para las válvulas direccionales los 80°C. Se tomó datos durante el funcionamiento de los actuadores y de manera estática de los actuadores.

Tabla 1-4: Datos Experimentales de Temperatura-Tiempo

HORA	RESERVORIO	SOLENOIDE 1	SOLENOIDE 2	SOLENOIDE 3
CON ACCION DE LOS CILINDROS				
9:16:00 AM	24	23	23.7	24
9:26:00 AM	25	49	48.8	44
9:36:00 AM	23	53	50	48
9:46:00 AM	25	59	57	52
9:56:00 AM	29	58	63	55
10:06:00 AM	30	62	66	58
10:16:00 AM	42	67	58	63
10:26:00 AM	45	60	56	66
10:56:00 AM	44	59	58	55
11:06:00 AM	42	61	65	59
11:16:00 AM	45	64	63	60
11:26:00 AM	47	72	70	64
11:46:00 AM	50	63	68	60
11:56:00 AM	52	67	71	63
12:06:00 PM	55	71	74	68
SIN ACCION DE LOS CILINDROS				
3:38:00 PM	31.4	43.6	39.1	40.1
3:48:00 PM	38	63.1	52	57
3:58:00 PM	44.7	70.9	64.6	66.7
4:08:00 PM	47.7	75	67.1	64.3
4:18:00 PM	50	76	74.2	65
4:28:00 PM	56	78.6	75.4	74.3
4:38:00 PM	58.2	79	76.8	75.1
4:48:00 PM	60	78.6	77.6	73.6
4:58:00 PM	62.3	78.9	76.5	74.9
5:08:00 AM	63	79	72	77

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

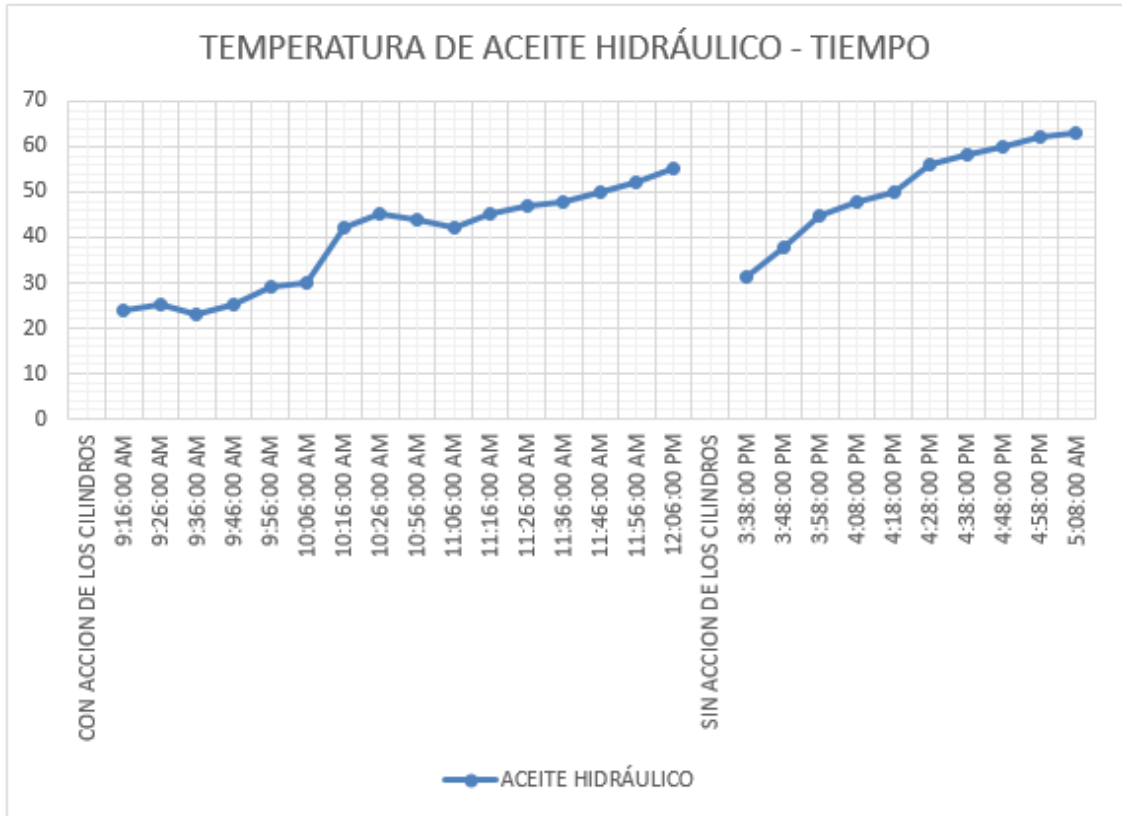


Gráfico 1-4. Curvas de Temperaturas del aceite con respecto al tiempo de operación.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

El gráfico 1-4 muestra la fluctuación de la temperatura durante seis horas de estar prendido el motor, la prueba consistió en dos partes la primera mientras está en funcionamiento actuando los cilindros y la segunda cuando solo la HPU esta encendido, pero sin activar los cilindros, para monitorear durante dos posibles situaciones de funcionamiento. Determinando que el banco de pruebas después de seis horas de funcionamiento el aceite hidráulico bordea los rangos recomendados para el buen funcionamiento. Para asegurar que conserve sus características las cuales protegen a los componentes de corrosión, debilitando los sellos de empaques y desgaste por cavitación que produzca altas presiones que dañen componentes y equipos, definiendo un rango de seis horas seguidas máximo del banco de pruebas con el HPU encendida.

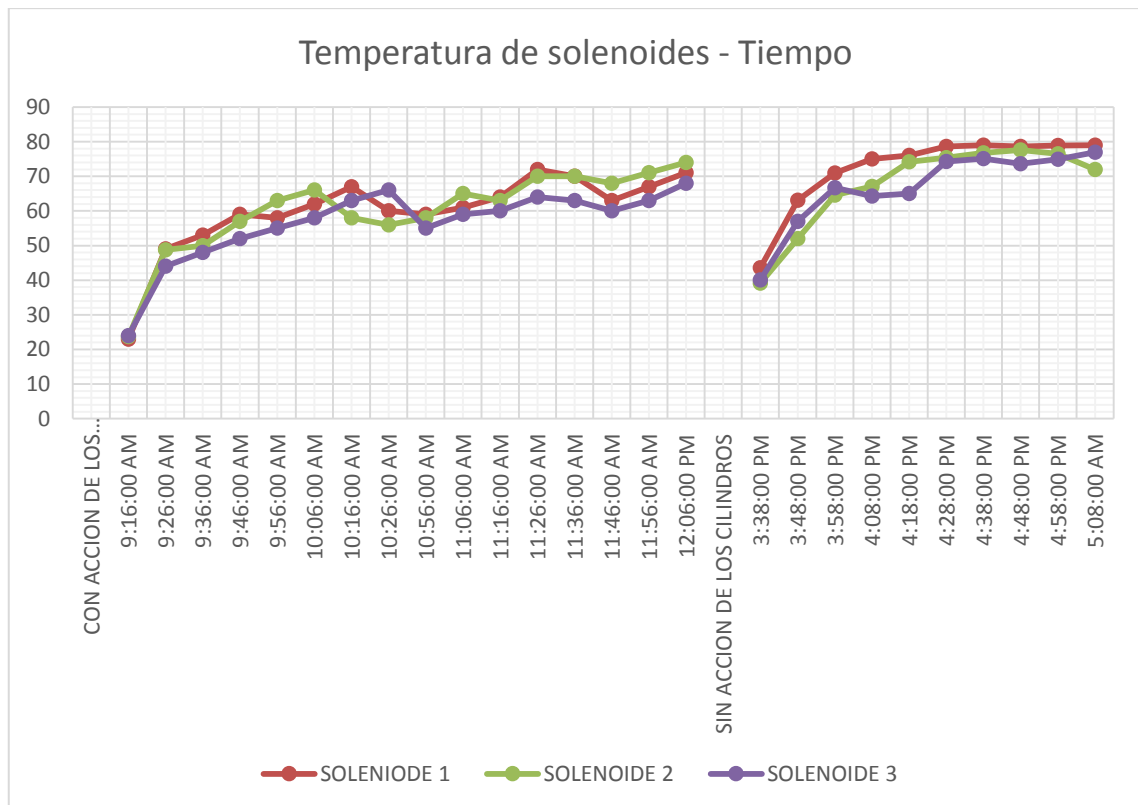


Gráfico 2-4. Curva Temperatura-Tiempo de los Solenoides

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

En el gráfico 2-4 se puede observar como varia la temperatura en los solenoides a medida que pasa el tiempo desde que se enciende la HPU, durante el tiempo monitoreado observamos que las bobinas en cada solenoide son parecidas en cada medición y suben de manera similar, además que permitió verificar un tiempo de funcionamiento óptimo para el banco de pruebas con la HPU encendida sin sobrepasar la temperatura máxima que puede funcionar las bobinas de los solenoides que es de 90°C, los datos de temperatura se adquirieron en dos condiciones de prueba preestablecidas que son accionando los cilindros y sin activar los cilindros. Se debe verificar la corriente que está llegando a los solenoides este según la ficha técnica porque si esta excede del pico máximo puede dañar las bobinas dejando disfuncional el banco.

Como resultado final se resolvió que tanto el aceite hidráulico como los tres solenoides no deben permanecer en funcionamiento con la HPU por más de seis horas seguidas diariamente para evitar daños en los solenoides y perdida de las propiedades del fluido.

El control remoto del banco se lo realizo con ayuda de los estudiantes de la Facultad de Mecánica los cuales se encargaron de poner a prueba la página virtual diseñada para el control desde cualquier punto. Con esto se introdujo una serie de datos en el hosting para el registro de administradores, docente y estudiante comprobando que la base de datos soporte el manejo de

varios datos sin indicar cualquier tipo de errores en ninguno de los procesos como son el registro, el agendamiento de práctica y la realización misma de la práctica. Una vez introducido todos los datos determinamos que no hay problema dentro de la programación para ejecutar las acciones o para la realización de la práctica.

4.2 Criterios de Aceptabilidad

Para obtener el criterio de aceptabilidad del LRV en la Facultad de Mecánica se determinó una población de 70 estudiantes los cuales cursan la asignatura de Neumática y Oleohidráulica de la escuela de Mecánica, mediante la cual se determinó la muestra necesaria para obtener un grado de credibilidad óptimo en los resultados. (APA, Normas, 2016)

La muestra se obtuvo con la ecuación:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q} \quad (5)$$

Donde:

N: Es la población total de encuestados; N=70

k: es un constante el cual estará dado de acuerdo al nivel de confianza que se busca obtener en los resultados, lo adecuado en estos casos es que el nivel de confiabilidad no sea menor al 10% con lo cual los resultados serán veraces; k=1.65

Los valores de k según la confiabilidad son:

Tabla 2-4: Valores de confiabilidad (k).

K	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2	2.56
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95.5%	100%

Fuente: (APA, Normas, 2016)

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

e: será el error que existirá en la muestra es decir el porcentaje de personas que pueden como no llenar la encuesta y el restante del grado de confiabilidad elegido; E=0.1

p: la proporción de individuos con características de hacer la encuesta, este dato generalmente se desconoce por lo cual se toma un valor de 0.5; $p=0.5$

q: será la proporción de individuos que no tienen características de hacer la encuesta y se la calcula $1-p$; $q=0.5$

Al reemplazar los datos en la ecuación tendremos:

$$n = \frac{1.65^2 * 0.5 * 0.5 * 70}{(0.1^2 * (70 - 1)) + 1.65^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 35$$

Al aplicar la formula se obtuvo que la muestra óptima para el estudio es de 35 estudiantes.

4.2.1 *Conocimientos Previos*

Se evaluó los conocimientos previos de los estudiantes para asegurar que se realice la práctica de la mejor manera y en base a los conocimientos adquiridos revelando lo presentado a continuación:

1. El requerimiento de una secuencia dependiendo de la aplicación y la formación de grupos fue entendida.

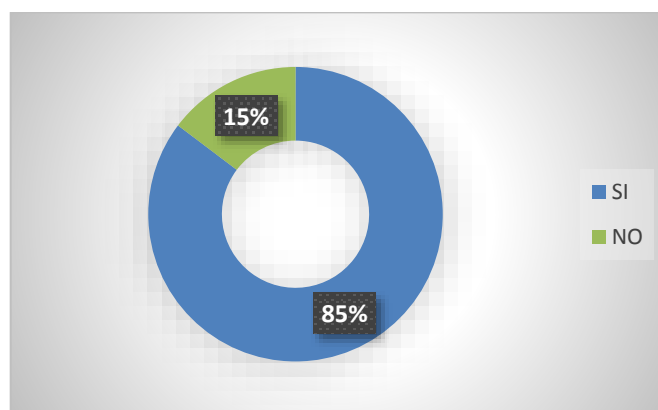


Gráfico 3-4. Resultados porcentuales de conocimiento de formación de grupos.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

2. El uso del lenguaje **GRAF CET** y **LADDER** para la programación de secuencias fue entendido.

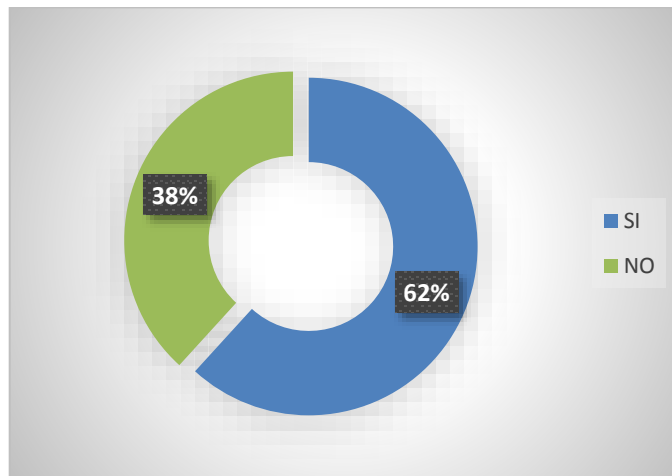


Gráfico 4-4. Resultados de conocimientos de lenguaje de programación.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3. Puede aplicar el lenguaje de **GRAF CET** y **LADDER** para cualquier aplicación práctica o cualquier problema relacionado al funcionamiento en secuencia de actuadores.

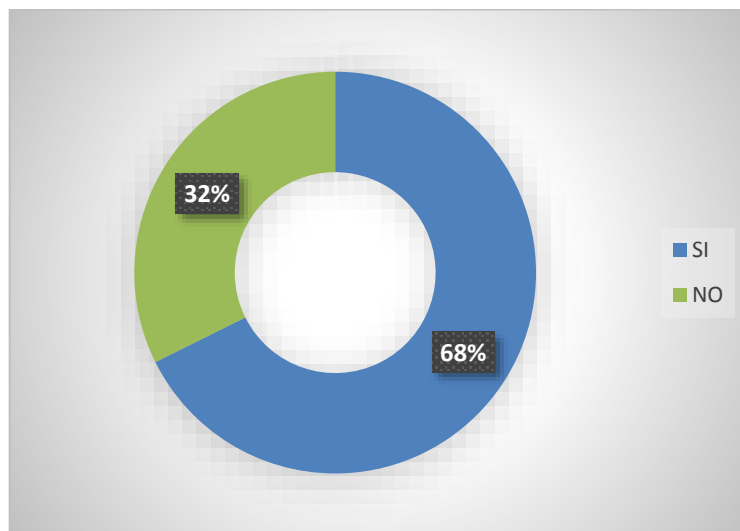


Gráfico 5-4. Aplicación de los lenguajes de programación en secuencias de actuadores.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

4. Fue útil el uso del laboratorio para el desarrollo de la práctica

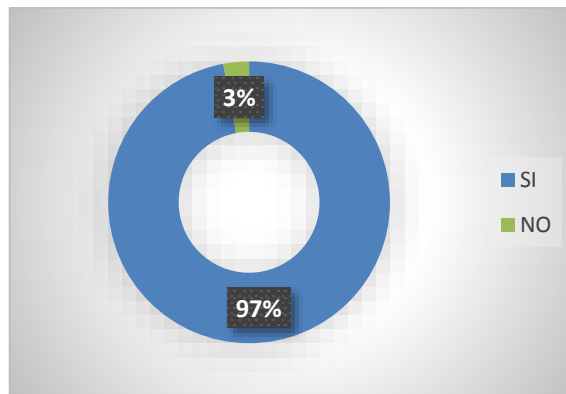


Gráfico 6-4. Utilidad del uso del LRV.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Según los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los estudiantes acerca de los conocimientos previos sobre realización de secuencias de cilindros con lenguajes de programación como Ladder y Grafset se determinó que la mayoría posee las bases sólidas para la ejecución de la práctica no obstante existe un pequeño porcentaje de estudiantes que pese a no contar con fundamentos acerca de la asignatura ejecutaron la práctica exitosamente demostrando que el LRV posee una interfaz de fácil manejo apoyadas por las herramientas existentes dentro del mismo.

4.2.2 Criterios del LRV

1. Los controles y botones utilizados para la generación de la secuencia de los actuadores son fáciles de usar.

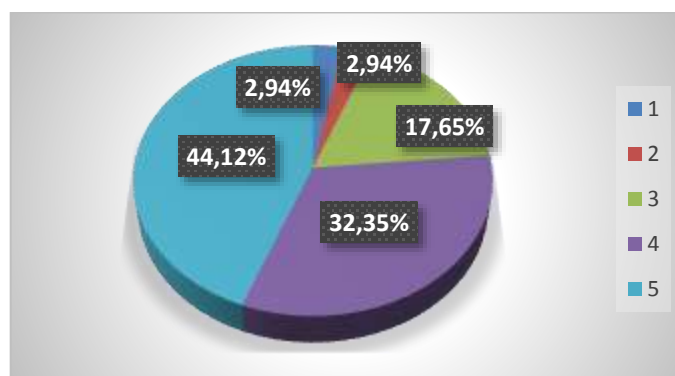


Gráfico 7-4. Facilidad del control de banco de pruebas y accionamiento de secuencias.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

2. El tiempo necesario para realización de la práctica fue adecuado (20 minutos)

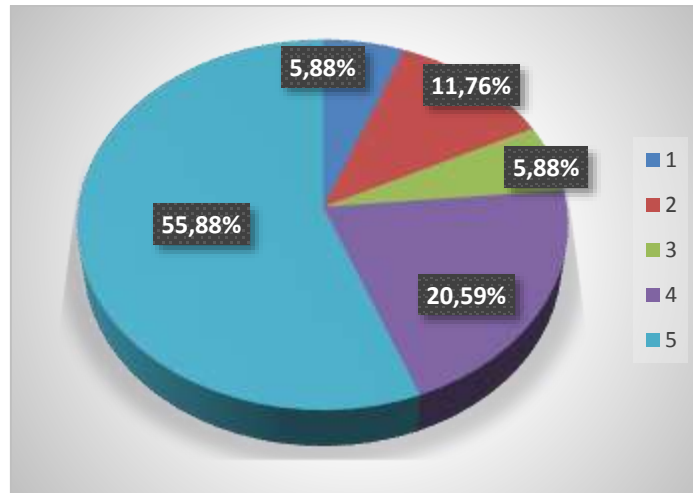


Gráfico 8-4. Tiempos de realización de secuencias.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

3. El acceso desde puntos remotos fue fácil y útil para la realización de la práctica.

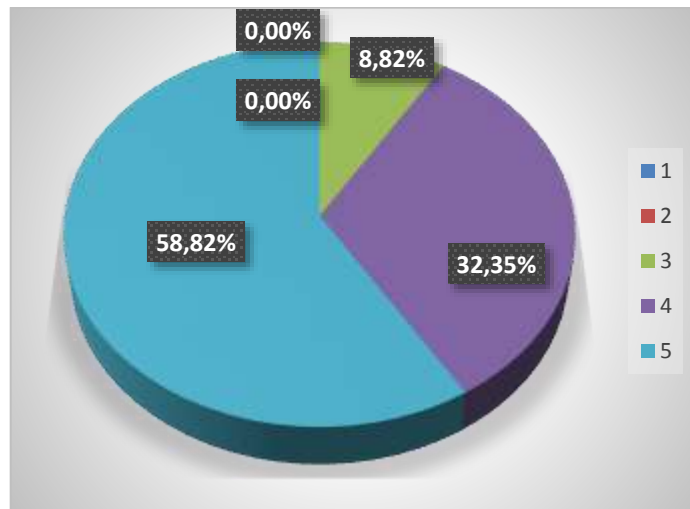


Gráfico 9-4. Evaluación de acceso remoto.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

4. Que tanto recomienda el uso de esta tecnología para aplicarlos en otros bancos de pruebas o equipos de laboratorio de la facultad.

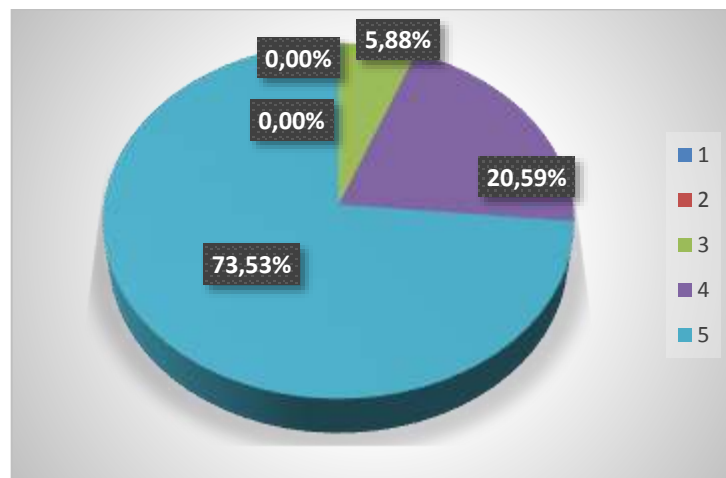


Gráfico 10-4. Aplicación en otros bancos de experimentación.

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

Se consultó el grado de aceptación y conformidad acerca de la interfaz gráfica y de los controles del LRV, los encuestados en su mayoría manifestaron estar satisfechos con el servicio brindado en cuanto al diseño de la plataforma e información presentada.

En cuanto a la realización de la práctica se obtuvo que el tipo de control implementado para realización de las secuencias es visualmente agradable y de fácil uso. La visualización del proceso es satisfactoria y efectiva para el aprendizaje según el criterio de los encuestados.

La disconformidad se presentó en un bajo porcentaje y en su mayoría causados por la falta de información es decir no haber consultado el procedimiento explicado en la guía de laboratorio y factores como la conectividad a internet de sus hogares.

CAPITULO V

5. Análisis de Costos

En el presente capítulo se detallará los gastos de la automatización del LRV que incluye costos directos y costos indirectos.

Tabla 1-5: Clasificación de costos.

Costos de Automatización de Banco de Cilindros Oleo-hidráulicos	Costos Directos	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales Mecánicos • Materiales Electrónicos • Mano de Obra
	Costos Indirectos	<ul style="list-style-type: none"> • Impresiones • Encuadernado • Transporte

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

5.1 Costo Directo

5.1.1 Materiales Mecánicos

Tabla 2-5: Costos de materiales mecánicos.

ITEM	MATERIALES MECÁNICOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	TUBO ESTRUCTURAL GALVANIZADO DIM.20X40X1.5 mm peso 3.4kg	1	\$5.00	\$5.00
2	Tornillos milimétricos de 3x60 mm	12	\$0.65	\$7.80
3	Pernos Hexagonales de 1/4 x 1 1/2 in	14	\$0.10	\$1.40
4	Tuercas de 1/4 in	14	\$0.25	\$3.50
5	Tuercas de presión 1/4 in	6	\$0.25	\$1.50
6	Arandela plana de 5/16	4	\$0.05	\$0.20
7	Empaques 3/8	8	\$0.30	\$2.40
8	Acople Rápido Hidráulico	2	\$32.00	\$64.00
9	Eje de Nylon de 40x250 mm	1	\$6.00	\$6.00
10	Tablero	1	\$80.00	\$80.00
11	Spray de Pintura	3	\$1.80	\$5.40
12	Teflón	1	\$0.80	\$0.80
13	Reducción Bushin de 1/2	2	\$2.00	\$4.00
TOTAL				\$182.00

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

5.1.2 Materiales Eléctricos

Tabla 3-5. Costos de materiales eléctricos.

ITEM	MATERIALES ELÉCTRICOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PLC Schneider M221	1	\$580.00	\$580.00
2	Pantalla HMI Schneider Magelis HMI 5.1 plg STU 655/855	1	\$860.00	\$860.00
3	Raspberry Pi	1	\$78.00	\$78.00
4	Cámara HK Vision	1	\$84.63	\$84.63
5	Finales de Carrera de Rodillo Camsco	6	\$2.00	\$12.00
6	Transformador General Electric	1	\$165.00	\$165.00
7	Fuente de Alimentación Mean Well 12 V	1	\$37.00	\$37.00
8	Guarda motor Schneider 13-18 A	1	\$70.56	\$70.56
9	Contactador Schneider LC1D09	1	\$52.00	\$52.00
10	Breaker 3 Polo	1	\$75.00	\$75.00
11	Breaker 1 Polo IC60N	2	\$21.30	\$42.60
12	Selector de 2 y 3 Posiciones Schnneider	1	\$15.96	\$15.96
13	Pulsador de Emergencia Schneider	1	\$22.36	\$22.36
14	Borneras Schenneider	21	\$0.65	\$13.65
15	Router	1	\$18.96	\$18.96
16	Toma Corriente	3	\$2.00	\$6.00
17	Cable 3x14	12	\$0.56	\$6.72
18	Cable 2x12	10	\$0.68	\$6.80
19	Cable 2x18	10	\$0.45	\$4.50
20	Cable UTP	20	\$0.50	\$10.00
21	Rele Estado Solido	1	\$20.00	\$20.00
22	Luz	1	\$6.00	\$6.00
23	Riel Din	3	\$1.80	\$5.40
24	Canaletas	2	\$5.00	\$10.00
TOTAL				\$2,203.14

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

5.1.3 Mano de Obra

La mano de obra consiste de personal capacita y apto según la tarea necesitada

Tabla 4-5: Costo de mano de Obra.

ITEM	MANO DE OBRA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Servicio de Mecanizado	1	\$10.00	\$10.00
2	Asesoría Electrónica	1	\$200.00	\$200.00
3	Asesoría Informática y Sistemas	1	\$300.00	\$300.00
TOTAL				\$510.00

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

5.1.4 Encuadernado

Tabla 5-1: Costo de encuadernados

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Encuadernado	3	\$4.00	\$12.00
2	Impresiones y Copias	170	\$0.10	\$17.00
TOTAL				\$29.00

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

5.2 Valor Total de Costos Directos

Tabla 6-5: Costo directos totales.

DETALLE	VALOR
Materiales Mecánico	\$300.00
Materiales Eléctricos	\$2,203.14
Mano de Obra	\$510.00
Empastados	\$29.00
TOTAL	\$3,042.14

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

5.3 Costos Indirectos

Los costos indirectos son aquellos correspondientes a imprevistos y transporte

Tabla 7-5: Costos Indirectos

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Transporte	1	\$150.00	\$150.00
2	Imprevistos 10% de costos directos	1	\$291.81	\$304.21
TOTAL				\$208.00

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

5.4 Costos Totales

Los costos Totales resultan de sumar las dos cantidades calculadas anteriormente, es decir, tanto costos directos como indirectos mostrados a continuación

Tabla 8-5: Costos Totales

DETALLE	VALOR
Costos Directos	\$3,042.14
Costos Indirectos	\$208.00
TOTAL	\$3,250.14

Realizado por: Bravo, Estefanía; Pino, Pamela; 2019.

CONCLUSIONES

- El estudio bibliográfico realizado, permitió enriquecer los conocimientos acerca de los avances de tecnologías de comunicación y control remoto en el ámbito académico. Existen muchos estudios que evidencia las ventajas de la implementación de laboratorios remotos en el ámbito educativo.
- Al finalizar el desarrollo del laboratorio remoto virtual para secuencias de cilindros hidráulicos se comprueba que el equipo es controlado desde cualquier punto fuera del laboratorio, puesto que, se pudo acceder con normalidad desde diferentes dispositivos con conexión a internet.
- El funcionamiento del circuito oleohidráulico fue puesto a prueba midiendo el valor máximo de temperatura con la finalidad de monitorear las condiciones de funcionamiento recomendadas. Según los resultados se determinó que debe limitarse el uso del laboratorio remoto virtual a seis horas máximo, para que el aceite no supere la temperatura de 60°C y pierda sus propiedades.
- En las pruebas de funcionamiento tanto local como remota, se ejecutaron diferentes secuencias sin presentar un error en la ejecución de la práctica, esto demuestra que la programación realizada en el controlador lógico está correctamente ejecutada, demostrando que se pueden realizar más de cinco secuencias de cilindros que simulen procesos industriales.
- Según resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los alumnos que ejecutaron las pruebas de laboratorio, determinamos que el desconocimiento de fundamentos teóricos previo no es un factor limitante para que se ejecuten las secuencias de cilindros en el laboratorio remoto virtual. Los estudiantes manipularon el sistema oleohidráulico desde sus casas por un periodo de 20 minutos, y se comprobó que ellos desarrollaron la práctica satisfactoriamente e incluso algunos concluyeron antes de que se acabara el tiempo.
- Se desarrolló una página web, que permite organizar las prácticas de laboratorio, agregar nuevos bancos remotos, compartir herramientas tecnológicas con entes externos y supervisar la ejecución de las prácticas y el correcto uso del laboratorio, el acceso es gratuito y está disponible para los estudiantes y docentes de la Facultad de Mecánica.
- El costo total del laboratorio remoto virtual es de \$ 3 250.14, concluyendo que el implementar este sistema en bancos de pruebas existentes dentro de la Facultad de Mecánica es factible y

económico, además que permite la repotenciación de componentes costosos que se encuentran en desuso; en virtud de esto se determinó que la compra de sistemas completos con similares características tendría un elevado costo.

RECOMENDACIONES

- El administrador, al inicio de cada semestre debe borrar todos los datos albergados en la página de profesores y estudiantes para evitar tener usuarios inactivos que solo ocupen espacio en la base de datos para ello se debe seguir los pasos de la guía de usuario del Administrador.
- Controlar el nivel de aceite al empezar el semestre de tal modo que se asegure abastezca al sistema con el fin de asegurar el óptimo funcionamiento del circuito hidráulico y evitar daños en los componentes hidráulicos del sistema.
- Integrar al banco de pruebas sensores de temperatura en el reservorio que permita que una vez que la temperatura llegue a la máxima recomendada para el funcionamiento se apague la HPU.
- Añadir en el banco equipos para la obtención de datos de caudal y presión ya que el PLC tiene integrado el control PID para un mayor control de proceso
- Son recomendables los laboratorios Remotos Virtuales, puesto que, facilitan la realización de prácticas largas que muchas veces por falta de tiempo no se logra tener un seguimiento del proceso.
- Se recomienda que en caso de complementar el banco de pruebas oleohidráulico o añadir otros bancos oleohidráulicos, aumentar la capacidad de memoria del servidor según sea requerido.

BIBLIOGRAFÍA

ABB. Catalog No. 9T58K2807. [Online] marzo 12, 2019. [Cited: septiembre 6, 2019.] geempower.com/ecatalog/ec/EN_NA/p/9T58K2807/pdf.

AGUILERA, PATRICIA. 2002. Programación PLC'S. [Online] Junio 2002. [Cited: Octubre 20, 2019.] <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>.

ALMANDOZ, J. 2007. *Sistemas Neumáticos y Oleohidráulicos*. España : s.n., 2007.

BARRETO GORDÓN , VINICIO EDUARDO and VILLEGAS SUÁREZ, EDMUNDO SEBASTIÁN. 2013. *Diseño e implementación de un banco didactico para la enseñanza de los sistemas oleohidráulicos en la escuela de ingeniería mecánica*. Riobamba : s.n., 2013. pp. 55-150.

BARRIENTOS, A. and GAMBOA, E. 2018. *Sistemas de Producción Automatizados*. Madrid : Dextra, 2018. 978-84-16277-001.

CAICEDO, Eduardo . 2009. Laboratorio distribuido con acceso remoto para la enseñanza de la robótica. s.l. : Revista Educación en Ingeniería , 2009. Vol. 4, 7, pp. 51-61.

CALVO, Isidro, et al. 2008. Laboratorio remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas. 2008. 3. 1988-5911.

Camsco. 2019. Especificacion de Relé. [Online] junio 13, 2019. [Cited: agosto 26, 2019.] https://www.google.com/search?q=inurl%3Acamsco.com.tw%2Fspa%2Fphase-voltage-protection-relay%2Frelay-MY-LY-MK.html&rlz=1C1GCEA_enEC819EC819&oq=inurl%3Acamsco.com.tw%2Fspa%2Fphase-voltage-protection-relay%2Frelay-MY-LY-MK.html&aqs=chrome..69i57j69i58.3742j.

—. **2018.** General-purpose micro-switch. [Online] diciembre 03, 2018. [Cited: agosto 7, 2019.] automaqperu.com/web/w_files/varios/t_productos_ilovepdf_jpg_to_pdf_22_b8787c.pdf.

CEMBRANOS NISTAL, Florencino Jesús. 2002. *Automatizmos electricos, neumaticos e hidráulicos*. [ed.] THOMSON. 5ta. Madrid : PARANINFO CENGAGE Learnig, 2002. pp. 142-151. 978-84-97732-658-2.

CREUS, Antonio. 2007. *Neumática e Hidráulica*. España : Marcombo, 2007. 84-267-1420-X .

—. **2007.** *NEUMÁTICA E HIDRÁULICA*. Madrid : MARCOMBO S.A., 2007. 48-267-1420-X.

DE LA CRUZ, Francisco, et al. 2010. Web-LABAI: Laboratorio Remoto de Automatización Industrial. Barquisimeto : s.n., enero 2010. Vol. 7, 1, pp. 101-106. 1697-7912..

DE LAS HERAS, Salvador. 2011. Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas. *Google Book*. [Online] Diciembre 2011. [Cited: Junio 29, 2019.] [https://books.google.com.ec/books?id=y_hoBQAAQBAJ&pg=PA370&dq=tanque+no+presurizado+hidraulica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjv2JvwvZXjAhVGrIkKHYpsAiIQ6AEITTAH#v=onepage&q=tanque%20no%20presurizado%20hidraulica&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=y_hoBQAAQBAJ&pg=PA370&dq=tanque+no+presurizado+hidraulica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjv2JvwvZXjAhVGrIkKHYpsAiIQ6AEITTAH#v=onepage&q=tanque%20no%20presurizado%20hidraulica&f=false.). 978-84-7653-893-7.

DELNERO, J. 2010. *OLEOHIDRÁULICA - Circuitos hidráulicos*. 2010.

D-Link. 2013. DIR-615 Wireless N 300 Router. [Online] 2013. [Cited: septiembre 25, 2019.] [ftp://ftp.dlinkla.com/pub/DIR-615/DIR-615_T1_Datasheet_02\(HQ\).pdf](ftp://ftp.dlinkla.com/pub/DIR-615/DIR-615_T1_Datasheet_02(HQ).pdf).

DONOSTIA. 2007. *Olehidráulica*. 2007.

Farnell AN AVNET COMPANY. 2016. Raspberry Pi 3 Model B. [Online] noviembre 04, 2016. [Cited: septiembre 25, 2019.] http://www.farnell.com/datasheets/2027912.pdf?_ga=2.245032069.1461332741.1575491558-336764535.1575393162.

FESTO, DIDACTIC. 2012. SCRIBD. *FESTO Manual de Hidraulica Proporcional*. [Online] 2012. [Cited: junio 29, 2019.] <https://es.scribd.com/doc/103194179/FESTO-Manual-de-Hidraulica-Proporcional>.

GALARZA, Pablo. 2009. WebLab-DEUSTO: Laboratorios remotos . [Online] octubre 26, 2009. [Cited: junio 12, 2019.] <http://blog.catedratelefonica.deusto.es/index.html@p=160.html>.

González , Milton Eduardo and Rodríguez , Luis Eduardo. 2016. Diseño e implementacion de un banco de prueba de circuitos oleohidráulicos industriales para el laboratorio de sistemas oleohidráulicos de la escuela de ingeniería mecánica . [Online] 2016. [Cited: julio 25, 2019.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4919>.

Gulf. 2014. Gulf Hidráulico ISO 68. [Online] 2014. [Cited: julio 22, 2019.] gulfcolombia.com/wp-content/uploads/2018/04/Gulf-Hidraulico-ISO-68-2017.pdf.

Hidráulica proporcional. *SCRIBD* . [Online] [Cited: junio 29, 2019.] <https://es.scribd.com/document/147524674/Hidraulica-proporcional>.

Hidráulica y Neumática . 2019. Servoválvulas. [Online] febrero 5, 2019. [Cited: junio 10, 2019.] <http://www.hnsa.com.co/servoalvulas/>.

HIKVISION. 2016. Cámara IP- DS-2CD1021-I. [Online] 2016. [Cited: septiembre 25, 2019.] [hikvision.com/mtsc/uploads/product/accessory/Datasheet_of_DS-2CD1021-I_\(D\)_V5.5.4_20180313.pdf](http://hikvision.com/mtsc/uploads/product/accessory/Datasheet_of_DS-2CD1021-I_(D)_V5.5.4_20180313.pdf).

HONOR. 2008. High pressure. *Gear pumps & motors*. [Online] 2008. [Cited: julio 22, 2019.] <https://www.fludisa.com/sites/default/files/catalogos/honor-pumps-catalogo.pdf>.

IDEAS Automation. 2017. XB5AS8445 parada de emergencia rojo Ø 22 – cabeza redonda Ø 40 – girar para liberar, Marca Schneider E. [Online] agosto 14, 2017. [Cited: septiembre 16, 2019.] tienda.ideasautomation.com/producto/xb5as8445-parada-de-emergencia-rojo-o-22-cabeza-redonda-o-40-girar-para-liberar-marca-schneider-e/.

INTERNATIONAL ADVANCED TECHNOLOGY. 2014. IFP DG03 SOLENOID OPERATED DIRECTIONAL CONTROL VALVE. [Online] junio 15, 2014. [Cited: julio 23, 2019.] <https://www.coastalhydraulics.net/technical-library/International%20Fluid%20Power%20of%20America/Dir%20Control%20D03-D05-D07-D08-D10-MD20-MD50-VCD25.pdf>.

JARA, Carlos. 2010. Aportaciones al aprendizaje constructivo y colaborativo en Internet: aplicación a laboratorios virtuales y remotos de robótica industrial. Alicante : Universidad de Alicante, 2010.

MÁRQUEZ, Andújar and Sanguino, Mateo. 2010. Diseño de Laboratorios Virtuales y/o Remotos. Un caso Práctico. Huelva : s.n., enero 2010. Vol. 7, 1, pp. 64-72. 1697-7912.

MAYOL, ALBERT. 1987. *AUTOMATAS PROGRAMABLES*. Madrid : Marcombo, 1987. 978-84-267067-20.

Mean Well. 2018. 40w Single Output Industrial DIN Rail Power Supply . [Online] diciembre 20, 2018. [Cited: agosto 12, 2019.] <https://www.meanwell-web.com/content/files/pdfs/productPdfs/MW/Mdr-40/MDR-40-spec.pdf>.

MONTENEGRO, ÁNGEL. 2017. Universidad Tecnológica de Pereira. *Metodología para la conversión de GRAFCET enriquecido al lenguaje escalera para la programación de PLC*. [Online] 2017. [Cited: Octubre 22, 2019.] <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8018/62989M777.pdf?sequence=1>.

MORENO, Francisco Javier. 2015. TANQUES HIDRÁULICOS. *MK*. [Online] Febrero 10, 2015. [Cited: Junio 29, 2019.] <http://javiermk.blogspot.com/2015/02/tanque-hidraulico.html>.

MORENO, Telmo Jesús and ORNA, Javier. 2017. Adquisición De Datos De Magnitudes En Un Sistema Oleohidráulico Para Su Control Y Monitoreo En Un Laboratorio Remoto De Instrumentación Virtual De Código Abierto. s.l. : European Scientific Journal, 2017. Vol. 13, 9.

MUÑIZ, Carlos. 2015. Sensor de carga (ohca convencional). [Online] 2015. [Cited: junio 8, 2019.] <https://es.slideshare.net/carlosmunizcueto/sensor-de-carga-ohca-convencional>.

Oleohidráulica. 2015. Hidraulica. *Fundamentos de depósito hidráulico*. [Online] 2015. [Cited: julio 20, 2019.] <https://cssosablog.wordpress.com/2015/10/31/fundamentos-de-los-depositos-hidraulicos/>.

RIBA, Carles. 2002. *Diseño concurrente*. Edicions UPC. España : Ediciones UPC, 2002. pp. 121-123.

ROCA R., Felip. 1997. *Oleohidráulica básica. Diseño de circuitos*. Barcelona : EDICIONS UPC , 1997. 970-15-0272-8.

ROJAS, Wilmar Yovany and FAGUA, Andrea. 2013. Laboratorios remotos y virtuales: una herramienta para el desarrollo de prácticas en ingeniería. s.l. : Ciencia, Innovación y Tecnología, 2013. Vol. 1.

Schneider Electric. 2014. Controladores lógicos Modicon M221. [Online] 2014. [Cited: agosto 7, 2019.] <https://docplayer.es/5730916-Controladores-logicos-modicon-m221-catalogo-2014.html>.

—. **2019.** Ficha técnica del producto: A9F74104. [Online] 2019. [Cited: septiembre 11, 2019.] <https://www.se.com/co/es/product/A9F74104/ic60n---miniature-circuit-breaker---1p---4a---c-curve/>.

—. **2019.** Hoja de características del producto. [Online] 2019. [Cited: septiembre 15, 2019.] <https://www.se.com/es/es/product/XB4BD53/selector-negro-%C3%B8-22---3-posiciones-con-retorno---2na/>.

—. **2018.** Hoja de características del producto: HMISTU855 . [Online] noviembre 23, 2018. [Cited: agosto 7, 2019.] <https://docs.rs-online.com/6a00/0900766b816b5d00.pdf>.

—. **2019.** Hoja de características del producto: LC1D096LS207. [Online] 2019. [Cited: septiembre 11, 2019.] <https://www.se.com/es/es/product/LC1D096SLS207/tesys-d---contactor-lc1d-3p-ca3-440v-9-a---anillo/>.

—. **2014.** Magelis HMITU655/855: Manual de usuario . [Online] octubre 2014. [Cited: agosto 8, 2019.] [tecnical.cat/PDF/SCHNEIDER/HMI/EIO000000061805MAGELIS.pdf](https://www.se.com/ww/en/download/document/EIO000000061805MAGELIS.pdf).

—. **2019.** Product data sheet. [Online] 2019. [Cited: septiembre 11, 2019.] <https://www.se.com/cl/es/product/GV2ME20/guardamotor-magnetotermico-mando-por-pulsador-3-polos---13%E2%80%A618a/>.

—. **2019.** Product datasheet A9F44316. [Online] 2019. [Cited: septiembre 11, 2019.] <https://www.se.com/au/en/product/A9F44316/acti9-ic60n-3p-16a-c-miniature-circuit-breaker/>.

—. **2019.** SoMachine, Guía de programación. [Online] 2019. [Cited: octubre 10, 2019.] <https://www.se.com/ww/en/download/document/EIO0000000071/>.

SERRANO, Antonio. 2011. *NEUMÁTICA PRÁCTICA*. Madrid : Paraninfo, 2011. 978-84-283-3033-6.

SERRANO, ANTONIO. 2002. *OLEOHIDRÁULICA*. Madrid : McGraw-Hill, 2002. 84-481-3527-x.

SOHIPREN S.A. 2005. Manual Basico de Oleohidraulica . [Online] 2005. [Cited: Junio 29, 2019.] <http://sohipren.com/img/cms/docs/OB/LIVENZA-ManualBasicoOleohidraulica.pdf>.

Suministros hidráulicos . 2018. Acople rápido hidráulico: agujas, esferas . [Online] 2018. [Cited: julio 25, 2019.] suministroshidraulicos.net/portfolio/acoples-6.

TECSUP_PFR. 2013. Hidráulica proporcional. [Online] 2013. [Cited: junio 8, 2019.] <https://es.scribd.com/document/147524674/Hidraulica-proporcional>.

TUBARÉS, Raul. 2012. El inicio de la Web: historia y cronología del hipertexto hasta HTML 4.0 (1990-99). [ed.] Revista de estudios sobre la ciencia y la tecnología. s.l. : ArtefaCToS., 2012. Vol. 5, 1, pp. 57-82.

VALERA NEGRETE, JOSE P. 2005. Apuntes de física general . *google book*. [Online] 2005. [Cited: Junio 27, 2019.] https://books.google.com.ec/books?id=1ShJLuv8IHIC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.970-32-2987-5.

VÁSQUEZ, J. and CARDONA , J. 2015. *Autmatización Neumática* . Bogotá : Ediciones de la U., 2015. 978-958-762-491-5.

Vásquez, Juan Camilo. 2016. *Automatización Electroneumática. Automatización Electroneumática.* Bogota : Digiprint Editores SAS, 2016.

VILLARUEL, CARLOS. 2005. mailxmail.com. *Controladores Lógicos Programables.* [Online] Septiembre 28, 2005. [Cited: Octubre 22, 2019.] <http://www.mailxmail.com/curso-controladores-logicos-programables/estructura-basica-plc>.

ZAMORA. 2010. *Revista de la facultad de ingeniería.* 2010.

