



**“Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems,
para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara”**

Barriga Chiliquina, Alexis Leonardo y Motoche Viracocha, Galo Hernán

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero

Electromecánico

Ing. Sánchez Ocaña, Wilson Edmundo

24 de agosto del 2023

Latacunga

Reporte de Verificación de Contenido

Copyleaks
Plagiarism report

DOCUMENTO TESIS Sin Anexos- Moto...

Scan details

Scan time:
August 25th, 2023 at 1:32 UTC

Total Pages:
60

Total Words:
14996



WILSON EDMUNDO
SANCHEZ OCAÑA

Plagiarism Detection



Types of plagiarism

Types of plagiarism	Percentage	Words
Identical	2.2%	337
Minor Changes	1.7%	255
Paraphrased	3.8%	576
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text



.....

Ing. Sánchez Ocaña, Wilson Edmundo
Director



Departamento de Eléctrica, Electrónica Y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara"** fue realizado por los señores **Barriga Chiliquina Alexis Leonardo y Motoche Viracocha Galo Hernán**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de agosto del 2023

Ing. Sánchez Ocaña, Wilson Edmundo

C.C.: 0501529937



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Barriga Chiliquina, Alexis Leonardo y Motoche Viracocha, Galo Hernán**, con cédulas de ciudadanía n° **0503898587 y 1720211018**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de agosto del 2023

.....
Estudiante
Barriga Chiliquina, Alexis Leonardo
C.C.: 0503898587

.....
Estudiante
Motoche Viracocha, Galo Hernán
C.C.: 1720211018



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Autorización de Publicación

Nosotros, **Barriga Chilingua, Alexis Leonardo y Motoche, Viracocha Galo Hernán**, con cédulas de ciudadanía n° **0503898587** y **1720211018**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara³** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 24 de agosto del 2023

.....
Estudiante
Barriga Chilingua, Alexis Leonardo
C.C.: 0503898587

.....
Estudiante
Motoche Viracocha, Galo Hernán
C.C.: 1720211018

Dedicatoria

Siempre he creído que, si uno se pone a trabajar, los resultados llegarán tarde o temprano, por ello quiero dedicar este trabajo de titulación a todas aquellas personas que confiaron en mí, que, a más de un consejo, supieron brindarme el apoyo emocional que me ayudo a sobrellevar este trabajo final dentro del camino Universitario.

A Paula Herrera y Leonardo Barriga mi mujer y mi hijo, que en el orden de la vida forman parte de lo más importante que tengo, que durante todo el proceso que tomo la realización de este trabajo de titulación siempre estuvieron junto a mí, convirtiéndose en la motivación más grande para sobrellevar este trabajo.

A mi madre Myriam Chilingua que en cada progreso realizado siempre está ahí festejando mis logros personales como si fuesen los de ella; mi meta es ser ese gran orgullo que le transmita tranquilidad y libertad.

A mi abuela Rogelia Tenorio que durante toda mi vida siempre ha estado presente en cada decisión tomada, brindándome sus consejos asentados en su gran experiencia; los cuales me han permitido llegar hasta donde hoy me encuentro que es una posición que sin su ayuda no lo hubiese logrado.

A mi tío Patricio Guanoluisa que se ha convertido en el eje fundamental dentro de mi desarrollo, que me brindo su apoyo y sus recomendaciones dentro del desarrollo de este trabajo final.

A mis primos que siempre estuvieron involucrados en esta etapa de mi vida, brindándome consejos y apoyo incondicional.

Es por ello que este trabajo va dedicado a mi Familia a quienes amo mucho.

Alexis Leonardo

Dedicatoria

La vida se forma de las personas que conoces y te acompañan y apoyan a llegar a tus metas, están ahí en tus momentos de tristes y celebran contigo tus alegrías. Por ello quisiera dedicar mi trabajo de titulación

A Dios por nunca abandonarme, guiarme y bendecirme en cada paso de mi vida.

A mis padres, Galo y María, por su entrega, amor y consejos brindados a lo largo de mi vida. Gracias por haberme inculcado valores de perseverancia y dedicación. Este logro es también el suyo.

A mis hermanos, Diana, Alexander y Gabriel. Quiénes han sido siempre la motivación y la ayuda para no darme por vencido y seguir adelante. Siempre han sido mi refugio en los momentos de desafío y alegría en cada victoria.

A mi abuelita, María Antonia, por preocuparse siempre de mi bienestar.

A mis amigos, compañeros y a todas las personas que conocí en este camino por haber compartido juntos muchos momentos de alegría y tristeza, por ser mi apoyo y mi ayuda a lo largo de la carrera.

Galo Hernán

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme culminar este trabajo sin ninguna novedad, y crear en mí una conciencia de gratitud hacia aquellas personas que siempre estuvieron detrás de mí.

A Paula Herrera y Leonardo Barriga que todos mis éxitos son en base a ellos, a su compañía que me dan durante el diario caminar, me permiten afrontar con claridad y determinación todos los obstáculos presentes durante el diario vivir.

A mi madre Myriam Chilibinga muchas gracias por demostrarme que en la vida lo que cuentan son los hechos mas no las palabras, lo cual me ha servido para centrar mi mentalidad en la importancia de las acciones.

A mi abuela Rogelia Tenorio muchas gracias por formar una persona responsable, capaz de afrontar todas las circunstancias de la vida con determinación; y fomentar en mí una personalidad de respeto.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe-Latacunga por proporcionarme las herramientas necesarias para una formación profesional distinguida.

Y un agradecimiento sincero a toda mi familia que gracias a ellos he logrado culminar esta etapa importante de mi vida.

Alexis Leonardo

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa en la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar, quiero extender mi gratitud a Dios, en segundo lugar, a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe – Latacunga por abrirme la puerta y darme todos los conocimientos necesarios, los cuales me han llevado hasta este momento. Por otro lado, quiero agradecer a mi tutor de tesis por su guía experta, apoyo constante y valiosas sugerencias a lo largo de todo el proceso.

Sus conocimientos y dedicación fueron fundamentales para dar dirección y profundidad a este trabajo. No puedo dejar de mencionar a mi familia y amigos, quienes me brindaron su inquebrantable apoyo emocional y motivación durante esta etapa. Sus palabras de aliento y su confianza en mí fueron el motor que me impulsó a superar obstáculos y perseverar hasta la finalización.

A mi hermana Diana, por compartirme sus conocimientos en el área eléctrica cuando había temas que no entendía o simplemente no sabía cómo realizar algo.

En resumen, este logro no hubiera sido posible sin el respaldo y la cooperación de todos los mencionados, así como de muchos otros que, de una forma u otra, dejaron una huella en este camino académico.

Gracias a todos.

Galo Hernán

Índice de Contenido

Caratula.....	1
Reporte de Verificación de Contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	15
Índice de tablas.....	17
Resumen.....	18
Abstract	19
Capítulo I: Marco metodológico de la investigación	20
Antecedentes Investigativos	20
Planteamiento del problema	21
Descripción resumida del proyecto	22
Justificación e Importancia.....	24
Objetivos	25

<i>Objetivo General</i>	25
<i>Objetivos Específicos</i>	25
Alcance del proyecto.....	25
Hipótesis	25
Variables de la Investigación	26
<i>Variable Independiente</i>	26
<i>Variable Dependiente</i>	26
Metodología de desarrollo del proyecto	26
<i>Método Investigativo</i>	26
<i>Método Analítico</i>	26
Capítulo II: Fundamento teórico	27
La Hidráulica	27
Elementos de un sistema hidráulico	27
<i>Bomba Hidráulica</i>	28
<i>Filtros</i>	29
<i>Tanques de almacenamiento</i>	30
<i>Acumuladores</i>	30
<i>Actuadores</i>	31
<i>Válvulas</i>	31
Fluido Hidráulico	32
Accionamientos en válvulas distribuidoras	33

Válvulas hidráulicas	34
<i>Válvula Check</i>	35
<i>Válvula Check Pilotada</i>	35
<i>Válvula Reguladora de presión</i>	36
<i>Válvula reguladora de flujo unidireccional</i>	37
<i>Válvula de Control Direccional manual 4/3</i>	38
<i>Válvula solenoide 4/3</i>	39
Mantenimiento Industrial	40
<i>Mantenimiento Centrado a la Confiabilidad (RCM)</i>	41
<i>Reacondicionamiento Cíclico</i>	43
<i>Sustitución Cíclica</i>	43
<i>Tarea Trabajo a la Rotura</i>	44
<i>Tarea de Búsqueda de Fallas</i>	44
Controladores Lógicos Programables	45
<i>Simatic S7-1214 DC/DC/DC</i>	46
Capítulo III: Desarrollo e implementación	48
Inventario disponible en el laboratorio	49
Acciones de Mantenimiento	51
Estado de los componentes	53
Módulos Hidráulica.....	56
<i>Diseño de los Módulos Hidráulicos</i>	56

<i>Implementación de los Módulos Hidráulicos.....</i>	60
Módulo del Controlador Lógico Programable	62
<i>Diseño e implementación del Módulo PLC S7 – 1214C DC/DC/DC</i>	65
Mantenimiento a los Equipos de alimentación y Tablero Maestro.....	67
<i>Equipo de alimentación.....</i>	68
<i>Bomba hidráulica.....</i>	69
<i>Filtro de aceite</i>	70
<i>Tablero Maestro.....</i>	71
Pruebas de Funcionamiento	72
<i>Ejercicio 1: Aplicación de contrafuerza al cerrar una compuerta</i>	73
<i>Ejercicio 2: Fresado de Culatas.....</i>	74
<i>Ejercicio 3: Bloqueo del eje en voladizo para evitar su descenso.</i>	77
<i>Ejercicio 4: Implementación PLC en un circuito hidráulico.....</i>	78
Capítulo IV: Análisis de resultados	83
Acciones de mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	83
<i>Acciones de reacondicionamiento y sustitución cíclica</i>	84
<i>Acciones de tareas a condición</i>	85
<i>Acciones de Trabajo a la falla o rotura.....</i>	86
Pruebas de funcionamiento – Resultados obtenidos	87
<i>Ejercicio 1.....</i>	87
<i>Ejercicio 2.....</i>	90

<i>Ejercicio 3</i>	92
<i>Ejercicio 4</i>	93
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	95
Conclusiones	95
Recomendaciones	97
Bibliografía	98
Anexos	101

Índice De Figuras

Figura 1 <i>Arquitectura del sistema utilizado</i>	23
Figura 2 <i>Elementos de un sistema Hidráulico</i>	28
Figura 3 <i>Filtros del sistema hidráulico</i>	29
Figura 4 <i>Tipos de acumuladores hidráulicos</i>	31
Figura 5 <i>Símbolo válvula check</i>	35
Figura 6 <i>Símbolo válvula check pilotada</i>	36
Figura 7 <i>Símbolo válvula reguladora de presión</i>	37
Figura 8 <i>Símbolo válvula reguladora de flujo unidireccional</i>	38
Figura 9 <i>Símbolo válvula direccional 4/3</i>	39
Figura 10 <i>Símbolo válvula 4/3 accionada por solenoide</i>	39
Figura 11 <i>Resumen de la definición sobre mantenimiento industrial</i>	41
Figura 12 <i>Estructura interna de un PLC</i>	45
Figura 13 <i>PLC S7-1214C DC/DC/DC</i>	46
Figura 14 <i>Flujograma de Desarrollo e Implementación</i>	49
Figura 15 <i>Diseño de dimensiones y apariencia del módulo hidráulica básica</i>	57
Figura 16 <i>Diseño de dimensiones, apariencia módulo de la válvula hidráulica 4/3 manual</i>	58
Figura 17 <i>Diseño de dimensiones y apariencia del módulo electroválvula 4/3</i>	59
Figura 18 <i>Ensamble del módulo hidráulica básica</i>	60
Figura 19 <i>Ensamble del módulo con la válvula direccional manual 4/3</i>	61
Figura 20 <i>Ensamble del módulo con la electroválvula 4/3</i>	62
Figura 21 <i>Diseño conceptual del módulo PLC</i>	66
Figura 22 <i>Módulo implementado PLC S7-1214C</i>	67
Figura 23 <i>Diseño del nuevo case protector del circuito de control</i>	68
Figura 24 <i>Nuevo Caja de protección</i>	69
Figura 25 <i>Acciones de mantenimiento a la bomba hidráulica</i>	70

Figura 26 <i>Filtro de aceite</i>	71
Figura 27 <i>Tablero maestro de control</i>	71
Figura 28 <i>Manómetro con fallas en el tablero maestro</i>	72
Figura 29 <i>Circuito hidráulico a implementar</i>	73
Figura 30 <i>Circuito del Ejercicio 1 implementado</i>	74
Figura 31 <i>Circuito hidráulico del ejercicio de fresado de culatas a implementar</i>	75
Figura 32 <i>Circuito de fresado de culatas implementado</i>	76
Figura 33 <i>Circuito a implementar del bloque de un cilindro</i>	77
Figura 34 <i>Implementación del circuito hidráulico</i>	78
Figura 35 <i>Circuito electrohidráulico a automatizar</i>	79
Figura 36 <i>Circuito automatizado a implementar</i>	80
Figura 37 <i>Circuito automatizado</i>	81
Figura 38 <i>Reacondicionamiento y sustitución cíclica de los módulos hidráulica básica</i>	85
Figura 39 <i>Reposición y colocación de componentes</i>	86
Figura 40 <i>Medición del voltaje de salida</i>	87
Figura 41 <i>Comparación de valores obtenidos</i>	89
Figura 42 <i>Comparación del diagrama espacio - pasos</i>	92
Figura 43 <i>Conexión PLC y diagrama estado – pasos</i>	94

Índice De Tablas

Tabla 1 <i>Velocidad del fluido en circuitos hidráulicos</i>	32
Tabla 2 <i>Simbología de los accionamientos hidráulicos</i>	33
Tabla 3 <i>Características del PLC</i>	47
Tabla 4 <i>Inventario técnico de los módulos disponibles en la mesa #5</i>	50
Tabla 5 <i>Actividades resumidas de mantenimiento</i>	52
Tabla 6 <i>Estado de los componentes de los módulos hidráulicos</i>	53
Tabla 7 <i>Matriz morfológica para el diseño del módulo PLC</i>	63
Tabla 8 <i>Comparación de resultados obtenidos sin accionar la contrafuerza</i>	88
Tabla 9 <i>Comparación de resultados accionando la válvula</i>	88
Tabla 10 <i>Comparación de resultados soltando el accionar de la válvula</i>	89
Tabla 11 <i>Comparación de resultados con el primer cilindro abierto</i>	90
Tabla 12 <i>Comparación de resultados con el segundo cilindro abierto</i>	91
Tabla 13 <i>Comparación de resultados dejando de accionar la válvula</i>	91
Tabla 14 <i>Resultados obtenidos en la apertura del cilindro</i>	93
Tabla 15 <i>Resultados obtenidos en el cierre del cilindro</i>	93

Resumen

En el presente trabajo de titulación de “Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara”, se muestran evidencias físicas del mantenimiento y actualización tecnología de los módulos electrohidráulicos Degem Systems del Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica; el mismo que se ha dividido en tres etapas de desarrollo del trabajo; la primera se centra en un mantenimiento basado en RCM aplicando reacondicionamiento y sustitución cíclica, el cual va direccionado al grupo motriz del Módulo Hidráulico perteneciente a la mesa 5, garantizando la óptima operación del mismo, la segunda etapa está dirigida a los módulos hidráulicos, válvulas, electroválvulas y aparatos de medida, en la cual previo a la ejecución de pruebas funcionales, se realiza un reemplazo y reposición de los elementos que presentan averías o mal funcionamiento, y finalmente se diseña e implementa un módulo con controlador lógico programable PLC en el cual se realizan pruebas funcionales automatizadas con el uso de los elementos implementados en los módulos hidráulicos lo que permite vincular el funcionamiento eléctrico y mecánico de las válvulas hidráulicas; que facilitan la elaboración de guías de laboratorio dispuestas para los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara.

Palabras clave: Módulos Electrohidráulicos, Degem Systems, Controlador Lógico Programable PLC.

Abstract

In this degree work of "Technological update of the Degem Systems electrohydraulic modules for the Hydronics and Neutronics Laboratory of the University of the Armed Forces ESPE- Latacunga Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara", physical evidence of the maintenance and technology update of the Degem Systems electrohydraulic modules of the Hydronics and Neutronics Laboratory is shown; the same that has been divided into three stages of development of the work; The first one is focused on a maintenance based on RCM applying reconditioning and cyclic replacement, which is directed to the driving group of the Hydraulic Module belonging to table 5, guaranteeing the optimal operation of the same one, the second stage is directed to the hydraulic modules, valves, electrovalves and measuring devices, in which prior to the execution of functional tests, a replacement and repositioning of the hydraulic modules is carried out, Finally, a module with PLC programmable automaton is designed and implemented in which automated functional tests are carried out with the use of the elements implemented in the hydraulic modules, which allows linking the electrical and mechanical operation of the hydraulic valves; This facilitates the elaboration of laboratory guides for the students of the University of the Armed Forces ESPE- Latacunga Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara Campus.

Key words: Electrohydraulic Modules, Degem Systems, PLC Programmable Logic Controller.

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación

Antecedentes Investigativos

El concepto revolución tecnológica se emplea para fenómenos de cambios tecnológicos históricos profundos y de alcance generalizado, capaces de transformar la base económica y social de los países. Emergen ante el agotamiento de bases tecnológicas previas en cuanto a la capacidad de dinamizar la productividad y competitividad de sectores y países (Mertens, 2018).

Hace unos años, los estudios técnicos hablaban de que el costo de mantenimiento y reparación de equipos con más de cuatro años de uso equivalía al 50% del gasto de renovación de equipos. En la actualidad, los especialistas y empresarios prefieren poner el acento en el ahorro de energía como una de las cuestiones centrales (ComunicarSe, 2011).

El concepto de renovación tecnológica surge tras la necesidad de mantener los activos tecnológicos de las empresas en un estado de constante actualización. En otras palabras, cuando las herramientas, los equipos de TI o comunicación y en general cualquier tipo de tecnología empieza a ser obsoleta, esta dinámica permite que haya una renovación de los sistemas. Muchas veces, esa renovación se puede dar a partir de acciones de mantenimiento, actualización o reemplazo de todos aquellos sistemas que hayan cumplido con su vida útil (Softimiza, 2022).

Una actualización tecnológica siempre tendrá beneficios significativos para la organización, algunos de ellos son: la reducción significativa de tiempos de espera, respuesta eficiente de equipos de cómputo, menos caídas del sistema y una óptima recuperación de desastres (proweb, 2016).

Tema, aparte de que la actualización tecnológica o de equipos en empresas, institutos o negocios pequeños se vea como una necesidad, es importante entender los motivos y razones para invertir en la renovación tecnológica, las principales causas por las que se recomienda realizar una actualización tecnológica son: reducción de costos, seguridad, aumento de productividad, desempeño mejorado, valorización del negocio o institución.

Gracias al avance tecnológico actual, es importante que las personas se encuentren capacitadas con las nuevas tecnologías y herramientas que se han creado, de esta manera se mantiene actualizado en conocimientos y manejo de las nuevas tecnologías, algo vital al momento de graduarse de la academia y adentrarse en el ámbito laboral.

Es por este motivo, que el presente trabajo tiene como finalidad dar mantenimiento, actualización y la transferencia tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems el cual beneficiara directamente a los estudiantes de una Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE sede Latacunga que se encuentran cursando las carreras de Ingeniería y tecnologías electromecánica, automotriz y mecatrónica, causando que se adapten a las nuevas tecnologías potenciando las capacidades de destreza y manejo de estos equipos en manera del aprovechamiento de la automatización industrial.

Planteamiento del problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, fundada en 1996, ha ofrecido servicio académico en distintas Carreras Técnicas las mismas que para obtener un aprendizaje optimo está sujeto a prácticas de campo; para lo que la Universidad busca suplir esta necesidad se ha dotado desde su creación, con instalaciones de laboratorios compuestos por módulos, equipos, maquinas, dispositivos electrónicos, entre otros, cabe recalcar que estos equipamientos se adquirieron e instalaron correspondientes a las tecnologías de la época.

Con el pasar del tiempo y sabiendo que el avance tecnológico ha dado saltos significativos, dejando atrás las maquinarias, equipos, y demás, utilizados tradicionalmente dentro del proceso de aprendizaje, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga al contar con equipamiento de épocas pasadas acarrea que los estudiantes adquieran aptitudes para manejo y control de equipos que poseen tecnología obsoleta y por ende provoca inexperiencia de las tecnologías actuales presentes en las industrias y empresas modernas y consigo produce menor competencia dentro del ámbito laboral.

Es apropiado que los módulos, equipos y demás accesorios dentro del laboratorio se encuentren restablecidos a una tecnología más actual ya que es la base práctica, en la que se desarrollan los futuros profesionales.

Descripción resumida del proyecto

En el presente trabajo de titulación de “Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara”, tiene como meta primordial el mantenimiento y actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems del Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica con el cual se beneficiará a los estudiantes mediante prácticas para el aprendizaje, empleando dichos módulos con componentes tecnológicos actualizados.

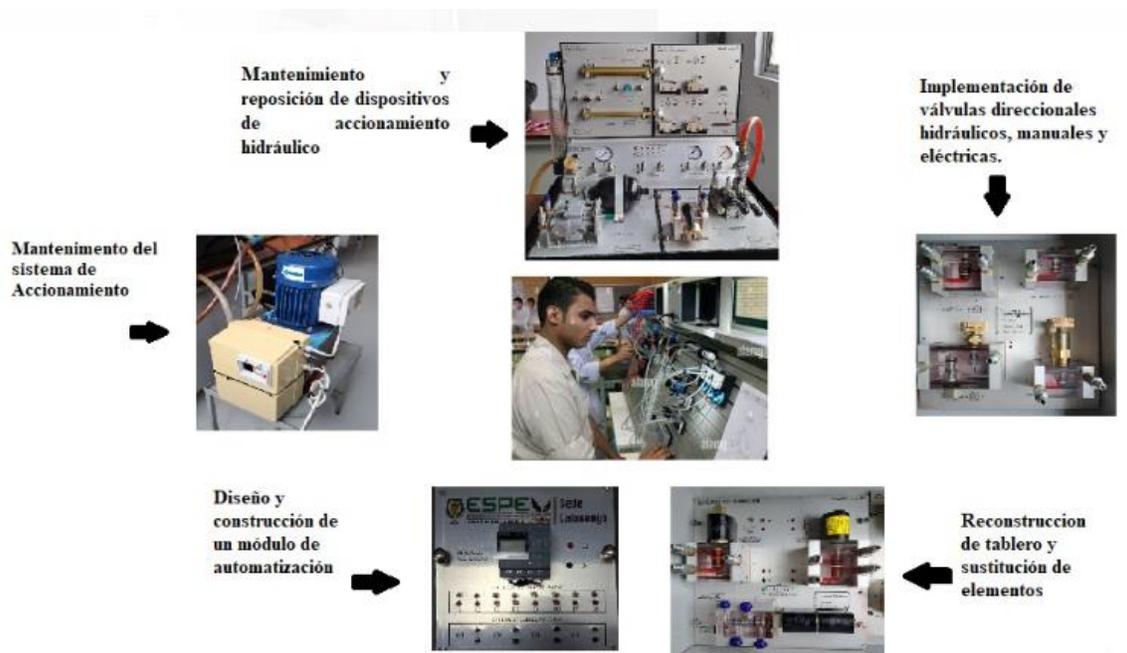
Por medio de la metodología descriptiva se analizan los componentes nuevos que se reemplazarán dentro del módulo electrohidráulico, así como previo a ello se describirán los pasos necesarios para dar un mantenimiento a la bomba hidráulica ya que es el eje fundamental dentro del módulo electrohidráulico.

Mediante el método analítico se crean y disponen los elementos nuevos dentro del módulo de tal manera que su ubicación facilite el óptimo manejo y maniobra de cada uno de los componentes hidráulicos (Válvulas, electroválvulas, manómetros, entre otros)

Consecutivamente se efectuarán ensayos de puesta en marcha tanto de la bomba como de los demás elementos hidráulicos, obteniendo resultados de presión, control y maniobra; asegurando la apropiada instalación de los nuevos elementos, así como el óptimo cumplimiento del mantenimiento hidráulico.

Figura 1

Arquitectura del sistema utilizado



Nota. En la imagen se observa un breve resumen de las acciones que se van a implementar dentro del laboratorio de hidrónica y neutrónica.

Justificación e Importancia

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga con la misión de formar profesionales con la capacidad de crear y aplicar conocimientos científicos; cuenta actualmente con un nuevo edificio de laboratorios, en el cual se encuentra el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica, la instalación cuenta con módulos universales y válvulas de flujo didácticas de la marca Degem System y Festo. Estos módulos son accionados hidráulicamente, por los que cada módulo posee su unidad de accionamiento. Al ser equipos de laboratorio, son utilizados por las diferentes carreras que se encuentran en la Universidad de las Fuerzas Armadas; debido al uso y al paso del tiempo se ha observado fatigas y daños dentro de las válvulas accionadoras. Sufriendo deterioro y sobre todo una desactualización tecnológica muy notable.

Con la actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems del proyecto propuesto garantiza un mejoramiento en las técnicas de aprendizaje para los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara, garantizando un mayor conocimiento tanto práctico como académico.

Un adecuado mantenimiento y modernización de los equipos de electrohidráulica dentro del laboratorio de Hidrónica y Neutrónica garantizará el cumplimiento de los objetivos del proceso de enseñanza y aprendizaje de la institución, ayudará al correcto funcionamiento de los equipos hidroneumáticos, mejorará los factores de utilidad de estos equipos. Además, contribuirá directamente a la formación de nuevos profesionales, garantizando una formación de calidad dentro de las nuevas instalaciones.

Objetivos

Objetivo General

- Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara

Objetivos Específicos

- Mantenimiento y reposición de dispositivos de accionamiento hidráulico, control de flujo y presión.
- Implementación de válvulas direccionales hidráulicos, manuales y eléctricas.
- Diseño y construcción de un módulo de automatización industrial con comunicación Ethernet industrial.

Alcance del proyecto

El alcance del presente proyecto de titulación se enmarca en los objetivos fijados para su desarrollo los cuales son la actualización y transferencia tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, utilizados dentro del laboratorio de hidrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Sede Latacunga.

El mantenimiento y calibración de la unidad de alimentación y equipos hidráulicos de control de flujo y presión, para de esta manera lograr aumentar el tiempo de vida útil a los equipos del laboratorio junto con la implementación de nuevas válvulas direccionales, manuales y eléctricas. Finalmente se implementará un PLC S7-1200 comunicado por medio de una red Ethernet industrial.

Hipótesis

Según lo expuesto, se formula esta hipótesis según el problema del proyecto.

¿Es posible que mediante la actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la UFA ESPE sede Latacunga, se aumente, potencie y mejore la capacidad ingenieril de enseñanza y aprendizaje ligadas al área de automatización industrial?

Variables de la Investigación

Variable Independiente

Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos dentro del laboratorio Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga - Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara.

Variable Dependiente

Incremento en la calidad de enseñanza para la comunidad universitaria elevando los estándares de educación hacia el paralelismo industrial, así como la modernización de las instalaciones de laboratorios de Hidrónica y Neutrónica.

Metodología de desarrollo del proyecto

Método Investigativo

Se desarrolla una investigación exhaustiva de elementos hidráulicos presentes en los módulos, así como su funcionamiento y aplicabilidad dentro del ámbito laboral; lo cual servirá como base teórica de su uso y control, para su intervención dentro de los procesos hidráulicos.

Método Analítico

Este método se emplea teniendo en cuenta que los accesorios hidráulicos deben presentar cierto orden al momento de disponerlos en los diferentes módulos, lo cual facilitara su uso dentro de los procesos ejecutados en prácticas de laboratorio.

Capítulo II

Fundamento Teórico

La Hidráulica

La hidráulica es la técnica que ocupa líquidos o fluidos que pueden ser derivados del petróleo, como el aceite, para transmitir energía que ocasiona el movimiento de accionamientos, maquinas, mecanismos o equipos en general. El fluido más utilizado en este tipo de tecnología es el aceite.

Los sistemas hidráulicos se aplican típicamente en dispositivos móviles tales como maquinaria de construcción, excavadores, plataformas elevadoras, aparatos de elevación y transporte, maquinaria para agricultura y simuladores de vuelo (Creus, 2011).

Elementos de un sistema hidráulico

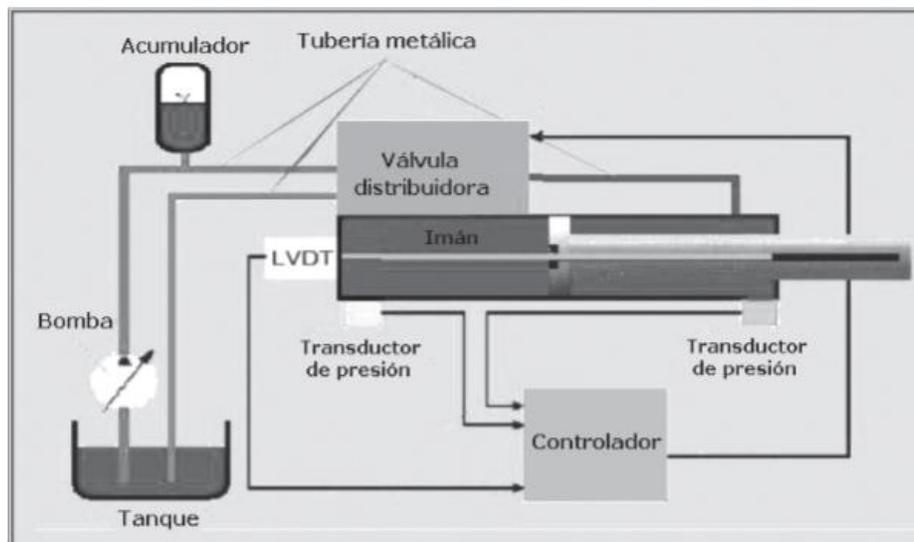
Un sistema hidráulico se compone de diferentes elementos los principales son:

- Bomba hidráulica
- Filtros de aceite o fluido
- Tanque almacenador del fluido
- Actuadores
- Acumuladores
- Válvulas

Los elementos anteriormente mencionados, son los que se utilizan en todos los sistemas hidráulicos, estos son muy similares a los que se utilizan en los sistemas neumáticos, cada uno cumple con una función en específica, si llegara a faltar uno de ellos en el circuito hidráulico el sistema estaría incompleto y podría comenzar a presentar fallas o un funcionamiento incorrecto.

Figura 2

Elementos de un sistema Hidráulico



Nota. Circuito de un sistema hidráulico el cual contiene un cilindro. Tomado de (Creus, 2011)

A continuación, se describirá información acerca del funcionamiento de cada elemento del sistema hidráulico.

Bomba Hidráulica

Las bombas hidráulicas son máquinas que convierten la energía mecánica que la impulsa en energía cinética (movimiento), la cual generalmente se utiliza para movilizar, extraer, impulsar líquidos o fluidos de un lugar a otro. En otras palabras, se encarga de proporcionar al líquido, el caudal y presión necesaria según la aplicación en que se esté utilizando.

En el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de bombas, cada una con una aplicación específica. Entre los principales tipos de bombas que se encuentran tenemos:

- Bombas de pistón.
- Bombas centrifugas.

- Bombas de engranajes.
- Bombas de lóbulos.
- Bombas de caudal constante.
- Bombas de caudal variable.

Filtros

Para (Heras Jiménez, 2018) los sistemas hidráulicos han de permanecer limpios y saneados para que su funcionamiento sea más eficiente y se alargue su vida útil (esta recomendación no se refiere solamente al aceite hidráulico, sino también al aspecto general de la instalación).

Para que el fluido hidráulico que va a ingresar en las válvulas no genere problemas u obstrucciones al circuito hidráulico, debe estar libre de contaminación, es decir, libre de polvo, limallas o cualquier tipo de elemento contaminante. Es ahí donde ingresan los filtros para el fluido, los que se encargan de retener las diferentes partículas que se encuentran disueltas en el fluido, con esto se consigue prevenir paradas repentinas debido a daños, alargando la vida útil de los elementos.

Figura 3

Filtros del sistema hidráulico



Nota. En la imagen se puede observar los filtros más usados en los sistemas hidráulicos.

Tomado de (Electromecanic, s. f.)

Tanques de almacenamiento

El sistema hidráulico debe ser dotado del fluido constantemente o en cada accionamiento que se realice, por lo que el circuito debe poseer un tanque que funcionara almacenando el líquido hidráulico que brindara presión al sistema. Otro de los usos importantes es permitir que se asienten los posibles elementos contaminantes y ayudar a que no se encuentren elementos gaseosos en el líquido hidráulico. Los tanques se pueden encontrar en diferentes tamaños, depende de las necesidades y aplicaciones en que se utilice el sistema. El material más usado para su fabricación es el acero inoxidable.

Los depósitos son imprescindibles en todas las instalaciones hidráulicas, pues almacenan el aceite del sistema. La elección del depósito no debe considerarse de menor importancia ya que, además de esta función de almacenamiento, su diseño y su tamaño influyen bastante en el funcionamiento del equipo hidráulico. (Heras Jiménez, 2018)

Acumuladores

Los fluidos usados en los sistemas hidráulicos son líquidos y, por tanto, no pueden ser comprimidos como en el caso de los gases para su almacenamiento. En hidráulica se recurre a los acumuladores para almacenar una cantidad de fluido incompresible y conservarlo a una cierta presión mediante una fuerza externa (Castillo Jiménez, 2022).

Entre las aplicaciones de los acumuladores dentro del sistema hidráulico tenemos la de producir almacenar energía, suavizar las vibraciones que se producen por el funcionamiento de la bomba hidráulica, compensar fugas.

Figura 4

Tipos de acumuladores hidráulicos



Nota. En la imagen se muestran los distintos acumuladores hidráulicos utilizados en el circuito hidráulico. Tomado de (Castillo Jiménez, 2022)

Actuadores

Los actuadores son equipos que se producen una fuerza, la cual se genera por la introducción de líquidos a presión. En general, su uso se da para obtener fuerzas y potencias elevadas, es decir, que no podamos alcanzar con fuerza manual o neumática. Su clasificación se da en dos grupos:

- Cilindros: Son actuadores con un movimiento lineal.
- Motores: Son actuadores con un movimiento rotativo.

Válvulas

Las válvulas son un mecanismo que se encarga de conducir, controlar e incluso bloquear el fluido que se transmite en el sistema hidráulico. Se clasifican en diferentes tipos de válvulas y cada una posee una función específica, es decir, abren y cierran el paso de un fluido,

controlan la cantidad de flujo que circula por ellas. Se dará un ítem separa para el análisis de las válvulas sus símbolos y diferentes aplicaciones puedan tener.

Fluido Hidráulico

Se denomina fluido hidráulico al líquido que se utiliza dentro de un sistema hidráulico, contiene diferentes propiedades que lo diferencian de otros, como el calentamiento, lubricación y protección a la corrosión de las piezas que conforman el circuito hidráulico. Tiene una gran importancia ya que en caso de que se utilice un líquido no apropiado se pueden presentar diferentes tipos de problemas en el circuito hidráulico.

En un circuito hidráulico, la velocidad que se recomienda para su uso es:

Tabla 1

Velocidad del fluido en circuitos hidráulicos

Equipos	Velocidad m/s
Aspiración de bombas	0.6 – 1.2
Caudal de impulsión	2 – 5
Caudal de retorno	1.5 – 4
Aplicaciones generales	4

Nota. En la tabla se observan las diferentes velocidades que se recomiendan para los fluidos hidráulicos en los circuitos. Tomado de (Creus Solé, 2008)

Otro factor que se toma en cuenta para la elección del líquido hidráulico es el índice de viscosidad, su medida se basa en la diferencia de viscosidad que se presenta en el aceite según la temperatura en la que trabaje. Gran parte de los fluidos que se utilizan en circuitos hidráulicos contienen un índice que se ubica entre los 90 a 110 centistokes.

Accionamientos en válvulas distribuidoras

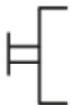
El accionamiento es la forma en que la válvula se va a activar para dejar pasar el líquido o en que posición se va a encontrar. Podemos encontrar diferentes tipos de accionamientos.

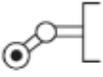
Para (Castillo Jiménez, 2022) el control de las válvulas puede ser a través de diferentes accionamientos, entre los que se destacan: accionamiento manual, mecánico, eléctrico, pilotado o combinado.

Los símbolos que representan a los accionamientos son normalizados por la ISO, los cuales se representan en la *Tabla 2*:

Tabla 2

Simbología de los accionamientos hidráulicos

Accionamiento manual	
	Símbolo general de accionamiento manual sin tipo de accionamiento
	Accionamiento por pulsador
	Accionamiento por palanca
	Accionamiento por pedal
Accionamiento mecánico	
	Accionamiento por leva
	Accionamiento por muelle

Accionamiento mecánico			
	Accionamiento por rodillo		Accionamiento por rodillo articulado
Accionamiento eléctrico			
	Accionamiento por bobina		Accionamiento por bobina proporcional
	Accionamiento dos bobinas		Accionamiento por motor eléctrico

Nota. En la tabla se observan las diferentes símbolos y nombres de los accionamientos generalmente usados en válvulas distribuidoras. Tomado de (Jimenez Ruiz, 2012)

Válvulas hidráulicas

En un circuito hidráulico, para lograr transmitir la energía del fluido desde el tanque de almacenamiento hasta las unidades consumidores se produce por medio de conductos o tuberías. Para lograr ejecutar según los requisitos de actividades, se instalan válvulas en las tuberías. Las válvulas se ocupan para vigilar la energía que se utilizará en el sistema, adicionalmente regularan los parámetros de caudal y presión que tenga el fluido. Su clasificación se da por diferentes criterios, los cuales serán por el tipo de accionamiento y construcción.

Según (Aheimer et al., 2013), el criterio de las tareas que deben cumplir, las válvulas incluidas en un sistema hidráulico pueden ser las siguientes:

- Válvulas reguladoras de presión
- Válvulas distribuidoras
- Válvulas de cierre

- Válvulas de caudal

A continuación, se realizará una breve descripción de las diferentes válvulas que se van a utilizar en el presente trabajo. Cada válvula posee un símbolo que se basa en normas internacionales, lo cual permite su uso estándar a nivel nacional o internacional, ya que esto nos permite identificarlo independientemente del idioma o sector en donde nos encontremos.

Válvula Check

La válvula check, también conocido como antirretorno, es una válvula cuyo funcionamiento dentro de circuitos hidráulicos permite únicamente el paso del líquido en una dirección, en otras palabras, no permite el paso de flujo en sentido de retorno. Este tipo de válvula es muy utilizada, dentro de instalaciones domésticas. Se utilizan en una gran cantidad de aplicaciones y fluidos, ya sean gas, vapor, agua, e incluso líquidos con deshechos. El símbolo de la válvula es:

Figura 5

Símbolo válvula check



Nota. Símbolo de la válvula check normalizado por la ISO (Organismo Internacional de Estandarización).

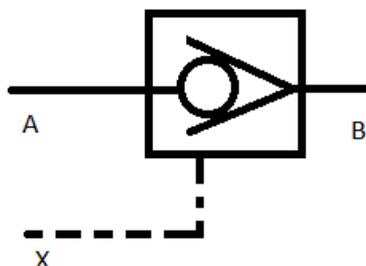
Válvula Check Pilotada

La válvula check pilotada, también es conocida como antirretorno operada por piloto, pero la diferencia es que permite o bloquea el paso del líquido hidráulico mediante una presión piloto. Se utiliza generalmente para poder soportar cargas altas en cilindros, o donde se

necesitarán gran cantidad de seguridad en el levantamiento de cargas. Sus aplicaciones se dan en diferentes tipos de grúas como de canastilla, estacionarias o telescópicas.

Figura 6

Símbolo válvula check pilotada



Nota. Símbolo de la válvula check pilotada normalizado por la ISO (Organismo Internacional de Estandarización).

El funcionamiento de la válvula check pilotada, se da de forma en que el flujo se lo puede hacer seguir o desbloquear aun cuando se encuentre en la posición de cierre, siempre que se envíe una señal piloto a través del embolo que se encarga del desbloqueo de la válvula (X).

Válvula Reguladora de presión

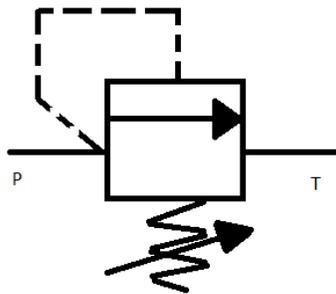
Las válvulas reguladoras de presión se encuentran formadas por un sistema con una restricción que permite el bloqueo y activación de la válvula hidráulica. Su función principal es establecer y contener tensiones continuamente iguales en el circuito hidráulico. Este tipo de equipos son necesarios e infaltables en sistemas donde se requieren salida continua del flujo. Se encargan de proteger bombas y el resto de los componentes que integran el sistema hidráulico, ante posibles grandes presiones manteniendo una presión constante en el circuito. Los objetivos que se buscan al implementarla dentro de un sistema hidráulico son:

- Tener un límite máximo de presión en el sistema hidráulico.

- Normalizar la presión dentro del sistema y los componentes hidráulicos.
- Proteger las bombas ante posibles casos de sobrecarga hidráulica.
- Absorber los posibles sobrecargas o saltos de presión que se produzcan en el sistema hidráulico.

Figura 7

Símbolo válvula reguladora de presión



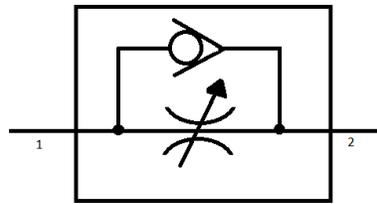
Nota. Símbolo de la válvula reguladora de presión normalizado por la ISO (Organismo Internacional de Estandarización).

Válvula reguladora de flujo unidireccional

La función de la válvula reguladora de flujo unidireccional es de poder regular el paso del líquido hidráulico por medio de las tuberías de paso e influir en el accionamiento de los cilindros o pistones. Como su nombre lo indica este tipo de válvula solamente regula en un sentido, por lo que al ingresar fluido en sentido contrario este circulará sin ninguna restricción. En resumen, se funcionamiento es para el líquido hidráulico circule de manera libre en una dirección mientras que dé en la dirección contraria circulará de forma limitada.

Figura 8

Símbolo válvula reguladora de flujo unidireccional



Nota. Símbolo de la válvula reguladora de flujo unidireccional normalizado por la ISO (Organismo Internacional de Estandarización).

En la **Figura 8** se observa que si el fluido ingresa desde 1 hasta 2 el líquido se encuentra con paso restringido ya que se encuentra obstaculizado por la presencia de la válvula check, lo que obliga a que el líquido hidráulico circule por el estrangulamiento de la válvula reguladora. Mientras que si el fluido ingresa de 2 a 1 tiene una circulación libre ya que no se obstaculiza en la válvula check.

Válvula de Control Direccional manual 4/3

Las válvulas direccionales 4/3, son las que tienen 4 puertos y 3 posiciones. Los puertos que contiene la válvula son: presión (P), regreso al tanque (T) y conexiones de entrada y salida (A y B), los símbolos son puestos en paréntesis ya que de esta manera se identifica en las válvulas. Las 3 posiciones son las que se usan para controlar si avanza, retrocede o se queda estático el fluido hidráulico que ingresa por la válvula hacia el actuador al que esté conectado. Este tipo de válvulas generalmente van acompañados de actuadores que son los que se encargan de seleccionar en que posición se encuentra la válvula.

Figura 9

Símbolo válvula direccional 4/3



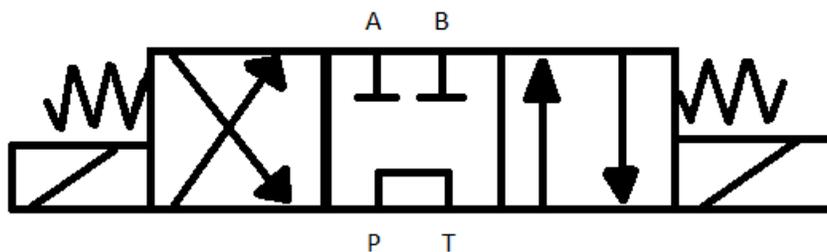
Nota. Símbolo de la válvula direccional manual 4/3 accionada por palanca y enclavamiento, normalizado por la ISO (Organismo Internacional de Estandarización).

Válvula solenoide 4/3

Este tipo de válvula es similar a la válvula de control direccional 4/3, la diferencia entre esta y la anterior es su modo de control, este tipo de válvulas son controladas por medio de un solenoide de 24 Volts, es decir, su accionamiento es por medio de una bobina que se activa con 24 Volts la cual también posee un retorno con muelle. Las posiciones de avance, retroceso o quedarse quieto se da por medio de la activación de la bobina con la que viene incorporada.

Figura 10

Símbolo válvula 4/3 accionada por solenoide



Nota. Símbolo de la válvula direccional 4/3 accionado solenoide, normalizado por la ISO (Organismo Internacional de Estandarización).

Mantenimiento Industrial

Según (Gonzales Ajuech et al., 2017) el mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable.

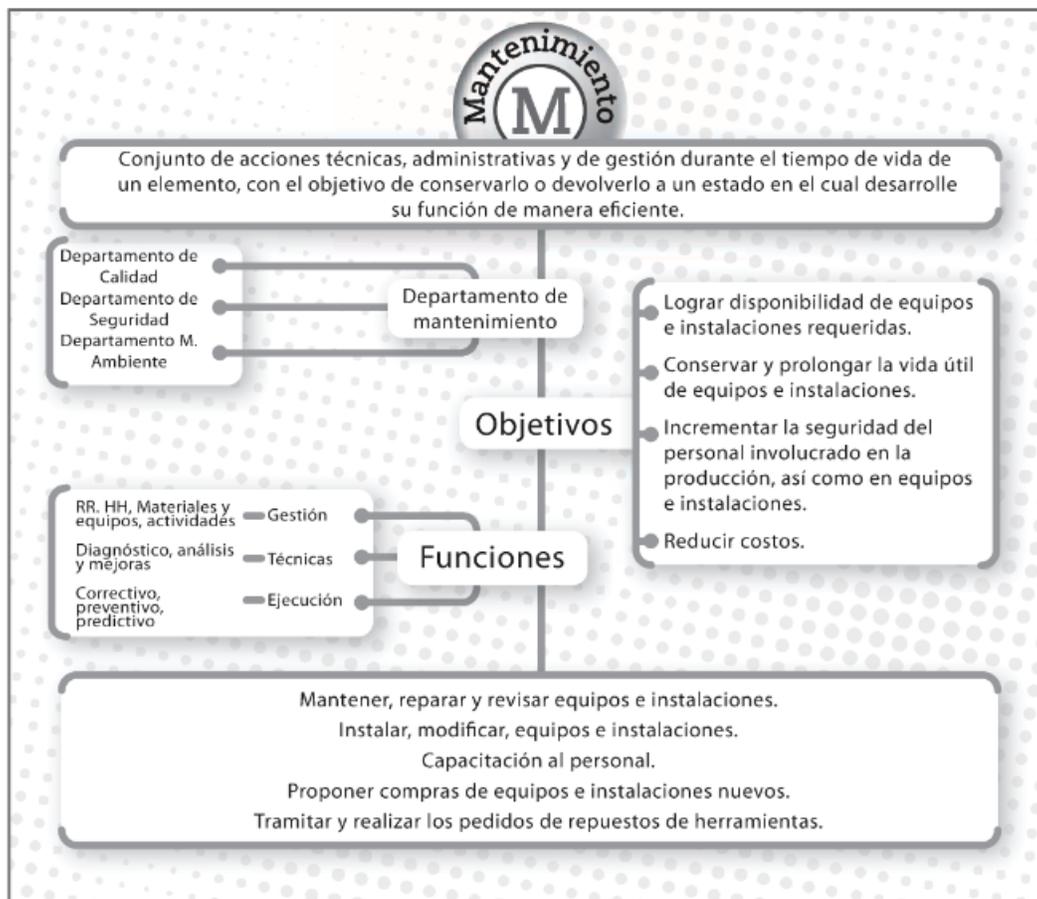
En resumen, al mantenimiento se lo delimitaría como un conjunto de acciones que se aplicarán para obtener un desempeño y funcionamiento efectivo de los activos de los que nos encontramos a cargo, en otras palabras, realizar actividades para que las maquinas realicen lo que tienen que realizar.

Con lo expuesto anteriormente, el mantenimiento son las tareas que se realizan a un equipo o activo de una empresa o institución para que se mantenga operativo y funcional, pueden considerarse dentro de activos a los equipos industriales, edificios, maquinaria o la flota vehicular que cuenta la empresa o institución para desarrollar sus actividades.

Es importante que para la toma de decisiones al momento de realizar mantenimiento en una empresa o institución se mantenga una comunicación entre los departamentos que se encuentran involucrados con los equipos a dar mantenimiento, ya que caso contrario se podría tener paradas de producción por la no disponibilidad de un equipo.

Figura 11

Resumen de la definición sobre mantenimiento industrial.



Nota. Cuadro conceptual donde se encuentra la definición resumida sobre el mantenimiento industrial. Tomado de (Gonzales Ajuech et al., 2017)

Dentro del mantenimiento industrial podemos encontrar varios métodos o técnicas de aplicación del mantenimiento, uno de los más utilizados es el mantenimiento centrado a la confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés.

Mantenimiento Centrado a la Confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado a la confiabilidad es diseñado originalmente por la fuerza aérea estadounidense y se creó para el mantenimiento de aeronaves. Su objetivo principal es

ayudar a que el personal encargado del área de mantenimiento pueda definir objetivos y el mejor plan de acción para de esta manera asegurar el funcionamiento de los activos de una institución o empresa, reduciendo las fallas y sus efectos.

El RCM es un enfoque sistémico para diseñar planes y programas que aumenten la confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para lo cual combinas técnicas de AM (Mantenimiento Autónomo), CM (Correctivo), PM (Preventivo) y CBM, mediante estrategias justificadas técnica y económicamente. La información almacenada en las hojas de trabajo del RCM minimiza los efectos de rotación de personal y de falta de experiencia. (García Palencia, 2012)

En resumen, el RCM es un proceso que se utiliza para determinar qué tipo de actividades se deben realizar para que la máquina o activo de la empresa haga lo que el usuario quiera que haga dentro del contexto operacional para el que fue creado. Para aplicar el RCM se realizan preguntas básicas las que son:

- ¿Cuál es la función?
- ¿Cuál es la falla funcional?
- ¿Cuál es el modo de falla?
- ¿Cuál es el efecto de la falla?
- ¿Cuál es la consecuencia que se produce por la falla?
- ¿Qué se puede hacer para evitar la consecuencia de la falla?
- ¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar la consecuencia de la falla?

Los objetivos que se buscan conseguir son:

- Obtener mayor seguridad e integridad ambiental
- Obtener un mayor funcionamiento operacional en cantidad, calidad de producto de los productos y ofrecer un servicio al cliente de calidad.

- Obtener una base de datos global e histórico de los datos.
- Prolongar la vida útil de los activos y componentes de la empresa.

El RCM es una técnica de mantenimiento que se divide en varios tipos de tareas proactivas, las cuales tienen su base en las técnicas de mantenimiento conocidos tradicionalmente, pero se diferencian con la preocupación al cuidado ambiental.

Reacondicionamiento Cíclico

El reacondicionamiento cíclico consiste en reacondicionar la capacidad de una elemento o componen antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento (Moubray, 2004).

Se aplica en tiempos determinados, por ejemplo, mensualmente o semanalmente. Estos cambios se producen sin importar el estado de la pieza que va a ser reacondicionada. En este tipo de tareas se incluyen las revisiones que se realizan en intervalos ya establecidos de manera que se eviten fallas en el equipo o activo que estén relacionados con el tiempo de uso. El cambio del elemento o pieza se realizan en cada cierto tiempo.

Sustitución Cíclica

Las tareas de sustitución cíclica consisten en descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento (Moubray, 2004).

Los términos sustitución y reacondicionamiento, no deberían ser tomados como similares ya que se su diferencia es respecto al nivel en el que se lleva a cabo. En la sustitución cíclica se basa principalmente en reemplazar el equipo total en tiempos establecidos sin importar el estado en que se encuentre el equipo. En resumen, el cambio del equipo se da una vez llegué al periodo de vida, dado por el fabricante o el encargado de mantenimiento.

Tarea Trabajo a la Rotura

La tarea de trabajo a la rotura se produce solamente cuando el equipo falla o se detiene, es decir, se decide que el momento en el que se maneja la falla o se reparará es una vez que ocurra. La desventaja con este tipo de trabajo es que los costos de reparación y para de producción que se producen son altos. Para que el equipo entre dentro de este tipo de trabajo se debe tener en cuenta que la falla no debe afectar el medio ambiente ni la seguridad del operario, caso contrario es obligación de la empresa o institución remediar y eliminar las consecuencias de la falla.

También se lo conoce como mantenimiento correctivo, se lo aplica cuando no se justifica el costo para realizar un rediseño del equipo. Para algunos autores este no es considerado un tipo de mantenimiento ya que no se está evitando que el equipo falle.

Tarea de Búsqueda de Fallas

La tarea de búsqueda de fallas trata principalmente chequear o verificar si un equipo está o no está cumpliendo su correcto funcionamiento. En este procedimiento no se busca cambiar parte, ni cambiar de equipo, ni mucho menos nos importa la condición en la que se encuentre. Lo único que se busca es que el equipo este haciendo lo que el usuario quiere que haga por medio de pruebas de funcionamiento. Un ejemplo para realizar este tipo de mantenimiento es arrojar humo a un detector de incendios, si el detector se activa quiere decir que el equipo está funcionando correctamente, caso contrario, si no se activa hay falla en el equipo.

También se lo conoce como mantenimiento detectivo y se diferencia del resto ya que en este tipo no se está reparando una pieza que falló (reacondicionamiento cíclico), ni se está cambiando una maquinaria antes que llegue al fin de su vida útil (sustitución cíclica).

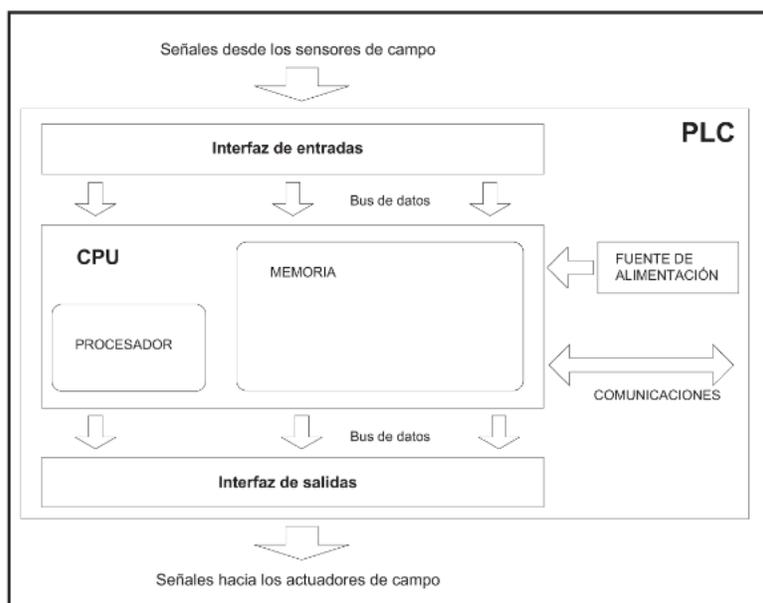
Controladores Lógicos Programables

Según (Daneri, 2008), un PLC permite controlar un proceso o realizar una secuencia de acciones de manera automática a partir de un programa definido por el usuario. Esto lo realiza ejecutando en forma cíclica una secuencia de instrucciones que, a partir de la información que llega a sus entradas desde los sensores, deciden cuando conmutar sus salidas, donde se encuentran conectados los actuadores.

Las partes que componen internamente a un PLC son un CPU que es el lugar donde se encuentra el procesador y la memoria interna del equipo, interfaces de entrada que es por donde ingresan las señales de los sensores, la interfaz de salida que se encarga de enviar señales hacia los actuadores que se encuentran en el campo. El PLC se encuentra conectado a una fuente de alimentación y un espacio de comunicaciones según se requiera.

Figura 12

Estructura interna de un PLC



Nota. En la imagen se puede observar los bloques internos de los que están compuestos los PLC. Tomado de (Daneri, 2008)

Simatic S7-1214 DC/DC/DC

Figura 13

PLC S7-1214C DC/DC/DC



Nota. En la figura podemos observar la apariencia física de un PLC S7-1214 DC/DC/DC.

Tomado de (Siemens, s. f.)

Según (Gutierrez, 2023), un PLC S7-1200 es un controlador lógico programable fabricado por Siemens AG, una empresa alemana líder en tecnología. Este PLC forma parte de la familia de productos SIMATIC S7 y se utiliza en aplicaciones de automatización industrial para controlar y supervisar procesos.

Los controladores lógicos programables o PLC S7-1214 DC/DC/DC que lo observamos en la **Figura 13**, son un modelo que pertenece a la serie de controladores Siemens S7-1200. Se tratan de una buena opción al momento de realizar trabajos de automatización de forma eficiente. Al ser de la serie 1214, se diferencian de los demás PLC de la familia S7 ya que posee más características que sus antecesores, entre las que tenemos:

Tabla 3*Características del PLC*

PLC S7-1214C DC/DC/DC	
Memoria	100 Kbyte
Entradas	14 entradas digitales 24 volts DC
Salidas	10 salidas integradas de 24 volts DC
Interfaz de Comunicación	Ethernet
Módulos Adicionales	Hasta 8 módulos
Alimentación	24 volts DC

Nota. En la tabla se puede observar las principales características de las que está compuesta el PLC Simatic S7-1214C DC/DC/DC.

Capítulo III

Desarrollo e Implementación

En este capítulo, se expondrá a detalle los procesos y partes que se realizar para la implementación y desarrollo para la actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos en el laboratorio de hidráulica y neumática de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Latacunga. Las principales tareas que se aplicaron en el desarrollo de este trabajo de integración curricular fueron: mantenimiento centrado en la confiabilidad en el equipo de alimentación hidráulica y en los diferentes componentes del módulo Degem Systems, sustitución de elementos de hidráulica básica, avanzada y electrohidráulica además se realizó la implementación de circuitos electrohidráulicos con control local y remoto utilizando un PLC S7-1214C DC/DC/DC.

laboratorio. Este inventario nos servirá para llevar un registro de los equipos y observar el estado actual en que se encuentran estos equipos. La información se registrará en una tabla que se detallará de la siguiente manera y que nos servirá para poder determinar los componentes que encontramos en el laboratorio.

- Código y tipo de unidad hidráulica. La cual sirve para determinar a qué tipo de categoría pertenece.
- Equipos y tipos de válvulas que se encuentran dentro de cada módulo.
- Marca e información detallada de cada módulo y equipos disponibles en la mesa.

En la mesa #5 hidráulica del laboratorio de hidrónica y neutrónica encontramos diferentes módulos hidráulicos, electrohidráulicos los cuales se ubican en básicos y avanzados. Cada módulo se encuentra con todas sus unidades hidráulicas con un código único para su diferenciación, descritos en la siguiente tabla:

Tabla 4

Inventario técnico de los módulos disponibles en la mesa #5

Código	Serie	Traducción	MARCA
UNIT HYD – 2120	Basic Hydraulics	Hidráulica Básica	DEGEM SYSTEMS
UNIT HYD – 2110	Basic Hydraulics	Hidráulica Básica	DEGEM SYSTEMS
UNIT HYD – 2130	Basic Hydraulics	Hidráulica Básica	DEGEM SYSTEMS
UNIT HYD – 2230	Advanced Hydraulics	Hidráulica Avanzada	DEGEM SYSTEMS
UNIT HYD – 2220	Advanced Hydraulics	Hidráulica Avanzada	DEGEM SYSTEMS
UNIT HYD – 2330	Basic Electro – Hydraulics	Electrohidráulica Básica	DEGEM SYSTEMS

Código	Serie	Traducción	MARCA
UNIT HYD - 2320	Basic Electro – Hydraulics	Electrohidráulica Básica	DEGEM SYSTEMS
UNIT HYD – 2001	Universal Hydraulic Master Board	Tablero Maestro Hidráulico Universal	DEGEM SYSTEMS
UNIT HYD – 2003	Hydraulic Power Unit	Unidad De Poder Hidráulica	DEGEM SYSTEMS

Nota. Se realizó el levantamiento del inventario técnico de los módulos que se encuentran disponibles en la mesa #5 del laboratorio, para poder determinar que tipos de elementos se encuentran y el estado actual en el que se encuentran las válvulas colocadas en cada módulo.

A partir del inventario técnico levantado en la mesa #5 del laboratorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Latacunga, se va a realizar la verificación del estado de los componentes de cada módulo disponible.

Acciones de Mantenimiento

Una vez realizado el inventario técnico de los equipos disponibles en la mesa #5 y de verificar el estado de componentes de los módulos hidráulicos, se realiza acciones de mantenimiento centrado a la confiabilidad (RCM) en los componentes que con la inspección visual no se han encontrado que posean fallas.

Debido a que los equipos que componen el tablero DEGEM SYSTEMS hidráulica son diversos y el deterioro no ha sido equitativo para todos los componentes, a continuación, se dará una lista de las posibles acciones de mantenimiento que se aplicará de manera global a todos los componentes de los diferentes módulos y sistemas que pertenecen a la unidad hidráulica:

- Verificación del estado y limpieza de los diferentes componentes electrónicos, eléctricos y tarjetas controladoras de la unidad de poder hidráulica.
- Revisión del estado actual de los conectores disponibles en los módulos.
- Medición del voltaje de salida en los conectores disponibles en el tablero maestro.
- Sustitución de equipos defectuosos.
- Reemplazo de sensores y protecciones en los módulos.
- Limpieza interna y externa de la bomba hidráulica.
- Cambio de aceite hidráulico y verificación del estado del filtro de aceite.
- Comprobación de fugas de aceite en las válvulas y diferentes componentes hidráulicos.
- Comprobación del estado actual de las válvulas.

Tabla 5*Actividades resumidas de mantenimiento*

Módulos Degem System Hydraulics		
Serie	Código	Observación
Basic Hydraulics	UNIT HYD – 2130	Anexo A: Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4.
Basic Hydraulics	UNIT HYD – 2120	Anexo A: Tabla 5
Basic Electro – Hydraulics	UNIT HYD – 2330	Anexo A: Tabla 6
Sistema de alimentación y control Degem Systems Hydraulics		
Serie	Código	Observación
Master board	UNIT HYD – 2001	Anexo B: Tabla 1
Hydraulic Power Unit	UNIT HYD – 2003	Anexo B: Tabla 2

Sistema de fluido hidráulico		
Serie	Código	Observación
Bomba hidráulica	S/N	Anexo C: Tabla 1
Aceite hidráulico	S/N	Anexo C: Tabla 2
Filtro de aceite	S/N	Anexo C: Tabla 3

Nota. Tabla en donde se encuentra resumido las acciones de mantenimiento que se aplicaron a los diferentes componentes del tablero DEGEM SYSTEMS HYDRAULICS.

Estado de los componentes

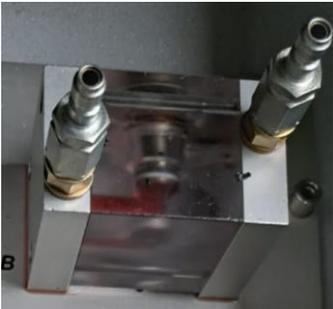
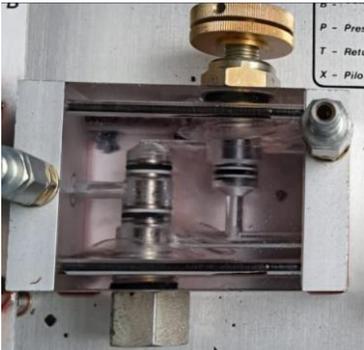
Una de las acciones que se han determinado, es realizar la verificación del estado actual y funcional de los diferentes componentes que se encuentran en la mesa #5 perteneciente al laboratorio de hidráulica y neumática.

Los componentes y equipos de los que están compuestos cada módulo pertenecen al área de hidráulica, por lo que cada uno de estos que se encuentran disponible en la mesa #5 cuenta con diferentes válvulas hidráulicas, las cuales con el pasar del tiempo han ido reduciendo su eficiencia y cediendo al estrés por el uso, lo cual ha causado fatiga o rotura de las mismas. Por este motivo se ha realiza un chequeo del estado actual en que se encuentran dichas válvulas. En la **Tabla 6** se detallarán los equipos que posean fallas y que merezcan un replazo:

Tabla 6

Estado de los componentes de los módulos hidráulicos.

Componente	Estado	Observación
Pilot Check Valve		En pruebas funcionales se observa que la válvula tiene

Componente	Estado	Observación
Non – Return Valve		<p>fugas por donde se escapa aceite al momento de su aplicación. A la vista se puede observar que la válvula empieza a mostrar signos de rotura por fatiga.</p>
Compensated Flow Control Two Way		<p>Se observa que la válvula muestra señales de fatiga en la entrada A. En pruebas funcionales se observa pequeñas fugas.</p>
Pressure Control Valve		<p>Se observa que la válvula posee espacios donde se ha producido rotura por fatiga y el paso del tiempo. En pruebas funcionales se observa que por estos espacios se fuga el aceite hidráulico.</p>
Valve		<p>Se puede determinar que la válvula está comenzando a tener signos de rotura por fatiga.</p>

Componente	Estado	Observación
4/3 Way Solenoid Valve		A diferencia del resto de válvulas, en esta se puede observar que la válvula se encuentra totalmente rota y desgastada por el exceso de presión a la que fue sometida. No se ve necesario hacer pruebas funcionales.
4/3 Way Direction Control Valve		Mediante pruebas funcionales se observa que existen fugas a los lados de la válvula. A la vista la válvula posee símbolos de rotura en la parte donde es accionada y se observa que la fatiga está avanzada en la mayor parte de la válvula.

Componente	Estado	Observación
Caja de almacenamiento de placa y controlador de la bomba hidráulica		Mediante pruebas funcionales se observa que no existe ningún tipo de error o falla funcional. A la vista se observa que la carcasa se encuentra rota y no existe método de sujeción ya que se ha usado correas para su fijación.

Nota. En la tabla se encuentra detallado el estado actual, visual y funcional de los diferentes componentes que integran los módulos de trabajo de la mesa #5 del laboratorio de hidráulica y neumática de la Universidad.

Módulos Hidráulica

En base al estado en que se encontraron las válvulas que componen el módulo hidráulico básica UNIT HYD – 2130 se ha determinado la necesidad de realizar un plan de mantenimiento para este módulo. El plan de mantenimiento que se ha determinado para estos componentes se centra en 3 características importante: durabilidad, economía y cuidado ambiental, en otras palabras, nos centraremos en un mantenimiento centrado a la confiabilidad (RCM).

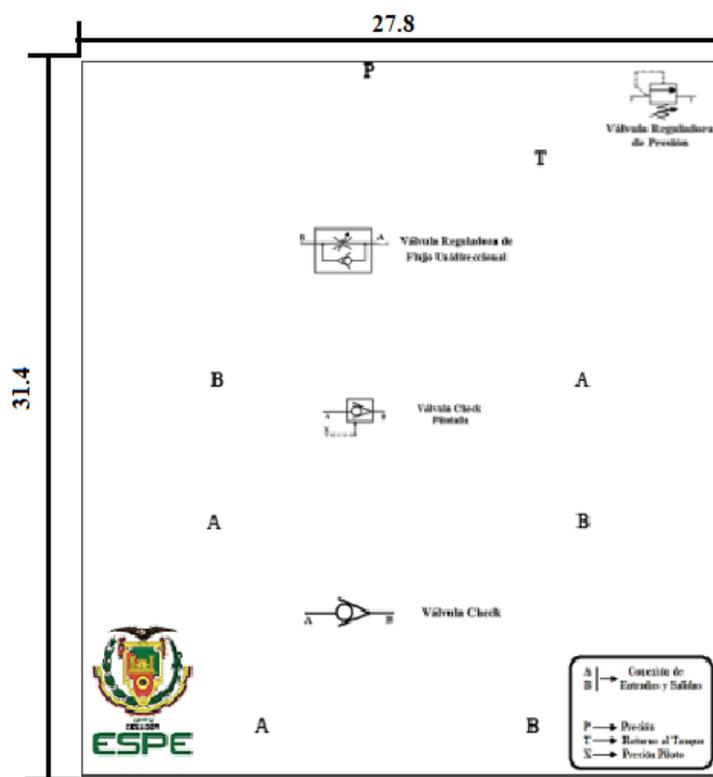
Diseño de los Módulos Hidráulicos

Una vez analizados los elementos hidráulicos a implementarse, se procede con el diseño de 3 módulos hidráulicos, en los cuales constan las válvulas hidráulicas, así como un módulo con una electroválvula; todas estas distribuidas de tal forma que facilite su control y

maniobra dentro de las actividades y procesos realizados; a continuación, se muestran los diseños elaborados para cada uno de los módulos propuestos, tanto en dimensiones como en ubicación de las válvulas.

Figura 15

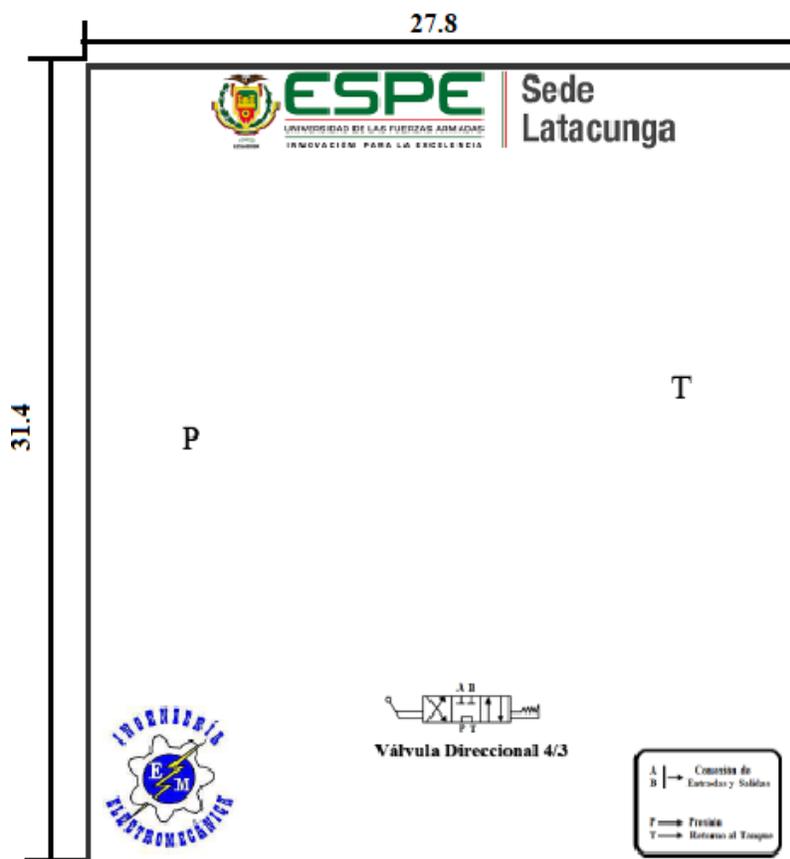
Diseño de dimensiones y apariencia del módulo hidráulica básica



Nota. En la imagen se puede observar el nuevo diseño del módulo de hidráulica básica que se compone de 4 válvulas (check, check pilotada, reguladora de flujo unidireccional y reguladora de presión) las cuales son las que más afectaciones tenían.

Figura 16

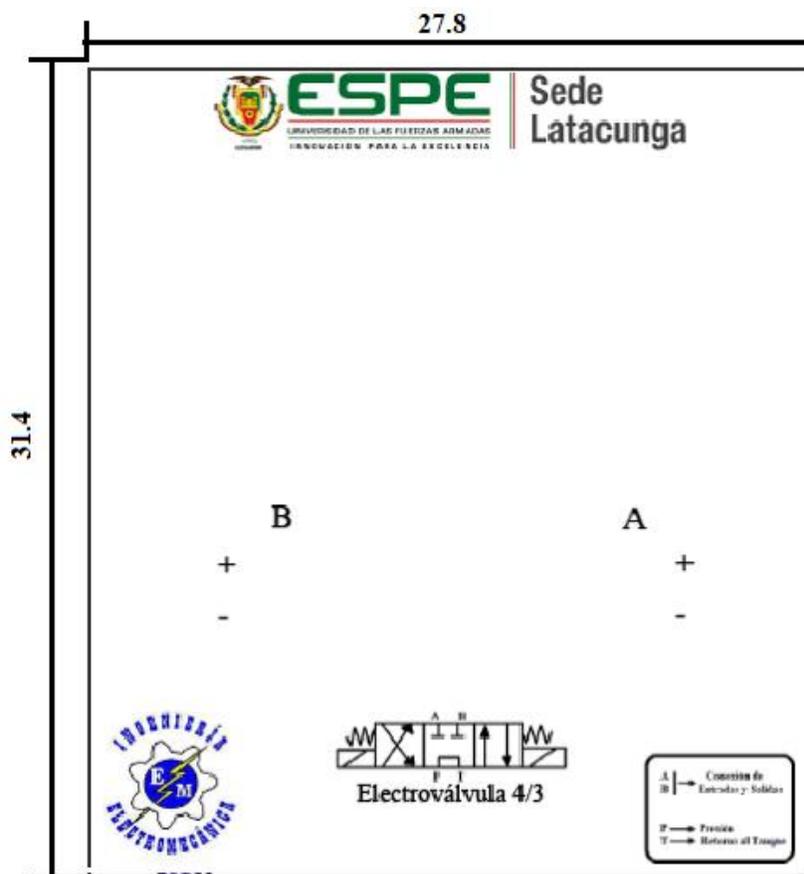
Diseño de dimensiones y apariencia del módulo de la válvula hidráulica 4/3 manual



Nota. En la imagen se puede observar el nuevo diseño para el módulo donde se colocará la válvula manual 4/3 con accionamiento por palanca.

Figura 17

Diseño de dimensiones y apariencia del módulo electroválvula 4/3



Nota. En la imagen se puede observar el nuevo diseño para el módulo donde se colocará la electroválvula 4/3, con retorno por muelle.

Concluida la etapa de dimensionamiento y apariencia de los módulos hidráulicos se procede con la etapa de implementación, en la cual parte por la impresión de estos diseños en aluminio el cual es un material que por sus características permite el óptimo trabajo; una vez obtenido los diseños físicos se procede con el ensamble de cada una de las válvulas a los módulos, para lo cual se empleó pernos y tornillos y elementos de sujeción.

Implementación de los Módulos Hidráulicos

Una vez realizado el diseño de los módulos hidráulicos procedemos con la implementación de las válvulas que van a ser remplazadas, para lo cual vamos a tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Deben ser fijadas de manera que ante ningún tipo de fuerza que produzca al momento de su accionamiento, llegue a producir deslizamiento o que se mueva la válvula.
- Se le colocará uniones y codos de 90° para que no exista ningún choque o entrecruce con válvulas que se coloquen en el otro módulo y su uso sea de manera accesible.

Figura 18

Ensamble del módulo hidráulica básica



Nota. En la imagen se puede observar el nuevo módulo hidráulico con sus respectivas válvulas implementado.

Figura 19

Ensamble del módulo con la válvula direccional manual 4/3



Nota. En la imagen se puede observar la implementación del módulo hidráulico con su válvula direccional 4/3 por accionamiento manual o de palanca y retorno por muelle.

Figura 20

Ensamble del módulo con la electroválvula 4/3



Nota. En la imagen se puede observar la implementación del nuevo módulo hidráulico con sus respectivas electroválvulas 4/3 accionada por solenoide y retorno por muelle.

Módulo del Controlador Lógico Programable

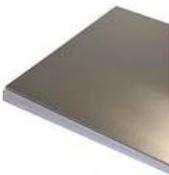
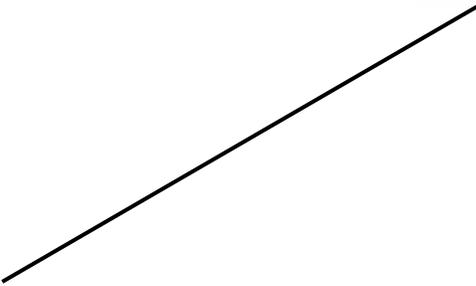
Con el objetivo de lograr la actualización tecnológica en el laboratorio de hidráulica y neumática de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Latacunga, se ha contemplado la implementación de un módulo con un controlador lógico programable (PLC), el cual sirve para automatizar procesos activando los componentes de una maquinaria logrando que se produzcan actividades repetitivas, solamente con la programación de estos equipos.

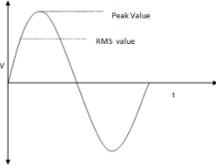
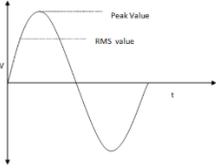
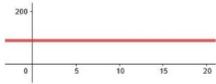
Se ha dispuesto realizar el diseño e implementación de este módulo para la mesa #5 del laboratorio, por lo que se realiza una matriz morfológica desde la elección del material hasta

que tipo de PLC vamos a utilizar. De esta manera se busca elegir la mejor opción en cuanto a costo – beneficio, la cual debe ser resistente para el uso en las condiciones en las que se encuentra el laboratorio.

Tabla 7

Matriz morfológica para el diseño del módulo PLC

Componente		Opción 1	Opción 2	Opción 3
Estructura	Material	Aluminio 	MDF 	Alucobond 
	Recubrimiento	Plástico PVC 	Aluminio Sublimable 	Formica 
	Sujeción	Nylon 	Zinc 	Acero 
	Soporte	Tornillos 	Caucho 	

Componente		Opción 1	Opción 2	Opción 3
Sistema Eléctrico	Conexión Banana	 2mm	 4mm	 4mm macho
	Cable	 AWG #16	 AWG #20	 CABLE UTP
	Alimentación	220V AC 	110V AC 	24V DC 
Autómata	PLC	Logo 	S7 – 1214C 	MicroLogix 1000 

Nota. En la tabla podemos observar la matriz morfológica que se utilizó para poder elegir los materiales que se ocuparán en el diseño del módulo donde se ubicará el controlador lógico programable.

Después de realizar la selección de materiales por medio de una matriz morfológica, se han elegido características de alimentación en DC, ya que la consola de trabajo con la que cuenta la mesa #5 nos entrega un voltaje directamente de 24 Volts DC, aprovechando la fuente de alimentación que provee el módulo universal hidráulico Degem Systems

Diseño e implementación del Módulo PLC S7 – 1214C DC/DC/DC

Una vez que se toma la decisión de fabricación a través de una matriz morfológica, se procede al diseño e implementación del nuevo módulo PLC que se dejará para uso en el laboratorio de hidrónica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Latacunga. El diseño se lo hará mediante impresión UV en una lámina de aluminio sublimable, la cual va montada en una plancha de Alucobond, se optó por estos materiales ya que van a ser usados en un ambiente que es común manipular el líquido hidráulico y además conservar las placas bases de los módulos

Figura 21

Diseño conceptual del módulo PLC



Nota. En la imagen podemos observar el plano del nuevo módulo en donde se colocará el PLC.

Una vez desarrollado el modelo y el plano del nuevo módulo donde se ubicará el PLC S7-1214C DC/DC/DC, se procede a realizar el armado e implementación. Por lo que se necesita soldar las entradas y salidas del PLC hacia los conectores bananas hembra de 2mm.

Figura 22

Módulo implementado PLC S7-1214C



Nota. En la imagen se muestra el nuevo módulo PLC implementado con el Controlador S7 – 1214C DC/DC/DC.

Mantenimiento a los Equipos de alimentación y Tablero Maestro

El tablero maestro es un equipo en donde podemos controlar la presión del fluido hidráulico (PSI y bar) por lo que es una parte importante dentro del circuito hidráulico. Este tablero está compuesto por diferentes componentes que son manómetros, alimentación de 24 Volts, regreso al tanque, y salida de presión. En resumen, este tablero controla todo el circuito hidráulico de la mesa #5.

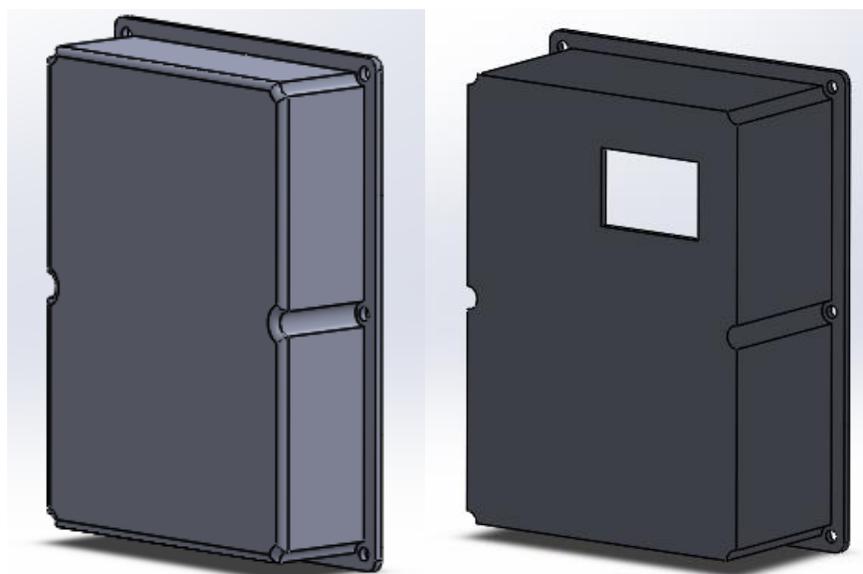
El equipo de alimentación del líquido hidráulico se compone de la bomba hidráulica, filtro de aceite, tanque de almacenamiento y el circuito general donde se activa o desactiva el sistema.

Equipo de alimentación

Como principal punto de mantenimiento, se tiene como punto el cambio de carcasa de protección al circuito controlador, para que de esta manera se vea de manera estética y no se esté sujetando con correas y corriendo peligro de que se destruya en su uso.

Figura 23

Diseño del nuevo case protector del circuito de control



Nota. El diseño del nuevo case de protección se basa en el modelo anterior, pero con diferencia en la parte de sujeción, ya que este se da por tornillos para un anclaje más sencillo.

Una vez finalizado el diseño en software CAD, se procede a realizar la impresión del prototipo en 3D, se utiliza el material de nylon. Este material se ocupó para que sea resistente al calor que emite el transformador y las diferentes placas electrónicas de potencia que controlan la bomba, también para poder evitar posibles cortocircuitos o fugas de corriente en

caso de que se ocupara acero o aluminio. Se opto por el color azul, ya que de esta manera se evita que se note la suciedad que se pega con el tiempo.

Figura 24

Nuevo Caja de protección



Nota. En la imagen se puede observar la nueva caja de protección para el circuito electrónico de control.

Bomba hidráulica

Mediante un análisis visual de la bomba hidráulica de nuestro sistema, se pudo observar que se encontraba con suciedades, falta de tornillos, y malas conexiones entre los bornes que salen desde el tablero del circuito de control hasta la bomba hidráulica. Por este motivo se procedió a realizar un mantenimiento en búsqueda de fallas a la bomba ya que es un elemento muy importante dentro del sistema.

Figura 25*Acciones de mantenimiento a la bomba hidráulica*

Nota. En la imagen se puede observar el desmontaje del motor de la bomba hidráulica para limpiar y observar si todos los sistemas están en orden.

Filtro de aceite

El filtro de aceite del sistema hidráulico es el encargado de evitar que pasen componentes, restos de metal, suciedades y demás partículas que puedan afectar o contaminar las válvulas hidráulicas, afectando su funcionamiento normal y en ciertos casos hasta taponarlas o dañarlas. En este sentido se procedió con la revisión del estado en que se encontraba el filtro de aceite, y su posterior remplazo por uno nuevo ya que el anterior se encontró con muchas partículas contaminantes.

Figura 26

Filtro de aceite



Nota. Filtro de aceite que va a ser implementando en el tanque de almacenamiento del sistema hidráulico.

Tablero Maestro

El tablero maestro es el encargado de activar o desactivar la bomba hidráulica, conexiones de regreso al tanque, conexiones de presión, manómetros medidores de presión y una conexión para voltaje de 24 Volts DC.

Figura 27

Tablero maestro de control

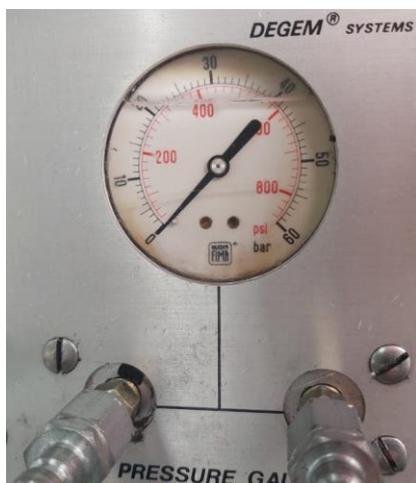


Nota. Tablero maestro de sistema hidráulico, donde se puede observar las conexiones de alimentación a 24 Volts DC y el manómetro en mal estado.

En la parte de mantenimiento en este caso se verificó que la conexión de 24 Volts DC nos entregue este voltaje de manera apropiado. También se observó el estado de los manómetros, lo cual encontramos con fallas ya que, debido a su edad, este se encontraba con signos de rotura y no podría estar midiendo de manera correcta, por lo que aplicando el procedimiento de sustitución cíclica se procedió con su sustitución.

Figura 28

Manómetro con fallas en el tablero maestro.



Nota. En la imagen se puede observar el manómetro antiguo, el cual se observa a simple vista la antigüedad y el uso continuo que se le ha dado, ha generado fatiga en el tubo bourbon, provocando fallas en la medición.

Pruebas de Funcionamiento

Para terminar de implementar los nuevos componentes que se han colocado y repotenciado dentro del sistema hidráulico, procedemos a realizar pruebas funcionales de las

válvulas, manómetros, el equipo de alimentación y todos los sistemas que componen los módulos hidráulicos.

Ejercicio 1: Aplicación de contrafuerza al cerrar una compuerta

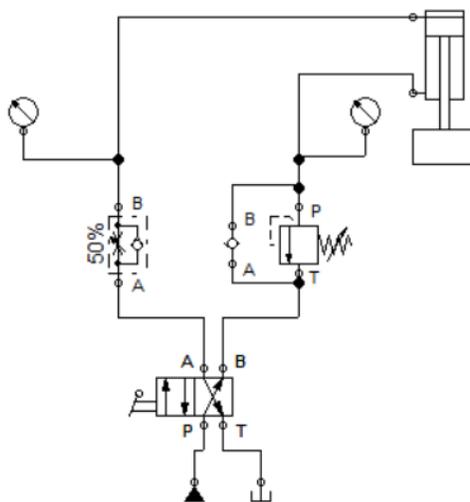
En este ejercicio se va a producir la apertura y cierre de un cilindro de doble efecto el cual actúa como una compuerta. La compuerta deberá producir su cierre de manera constante y sin empujones ni fuerzas bruscas. También permitirá regular la velocidad de apertura y cierre del cilindro.

En este ejercicio se realizará la prueba de la válvula check o antirretorno, válvula reguladora de flujo unidireccional y la válvula reguladora de presión, que pertenecen al nuevo módulo de hidráulica básica que se implementó.

El análisis de los resultados obtenidos se encuentra en el siguiente capítulo.

Figura 29

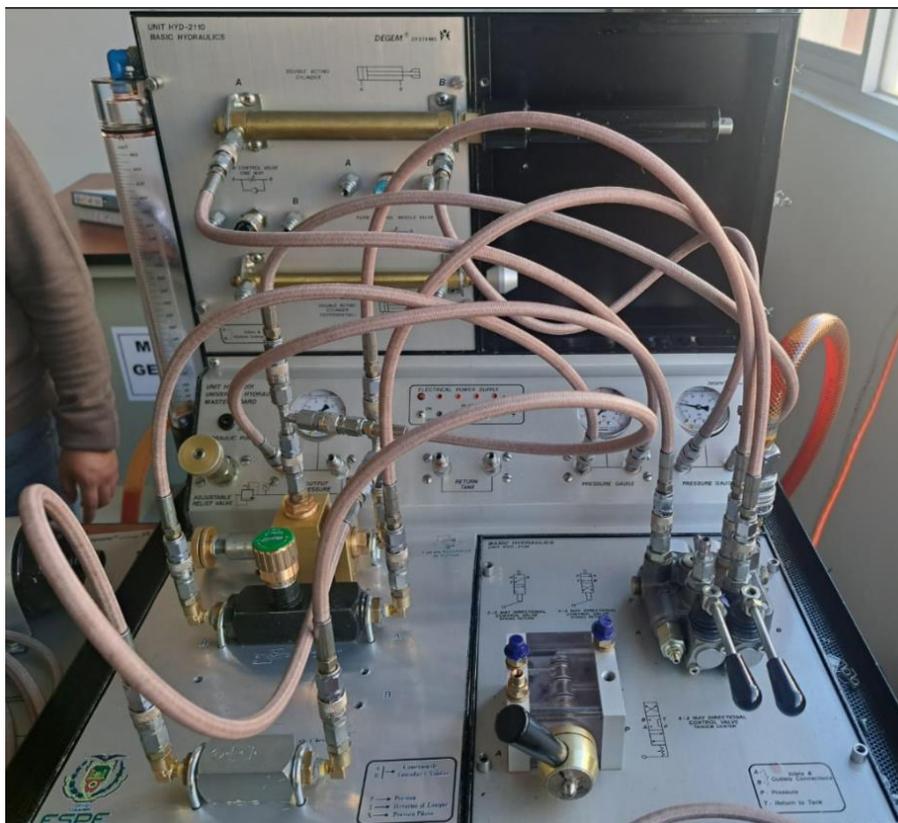
Circuito hidráulico a implementar



Nota. Circuito de control para abrir y cerrar un cilindro de doble efecto con regulador de velocidad.

Figura 30

Circuito del Ejercicio 1 implementado



Nota. Implementación del circuito 1, utilizando las nuevas válvulas que sustituyeron módulo de hidráulica básica.

En la prueba funcional del circuito podemos observar que se utiliza una conexión en el cilindro la cual tiene función de contrapeso, el cual nos ayuda a simular como apertura o cierre de puerta según lo que el problema requiere.

Ejercicio 2: Fresado de Culatas

En el presente ejercicio se va a simular una máquina que realiza mecanizado de los cantos de los canales de una culata. Esta se sujeta mediante cilindros hidráulicos. Luego de esto el cilindro debe avanzar con la fresadora eléctrica y una vez que se concluye este proceso la fresa debe retroceder con un motor eléctrico en funcionamiento.

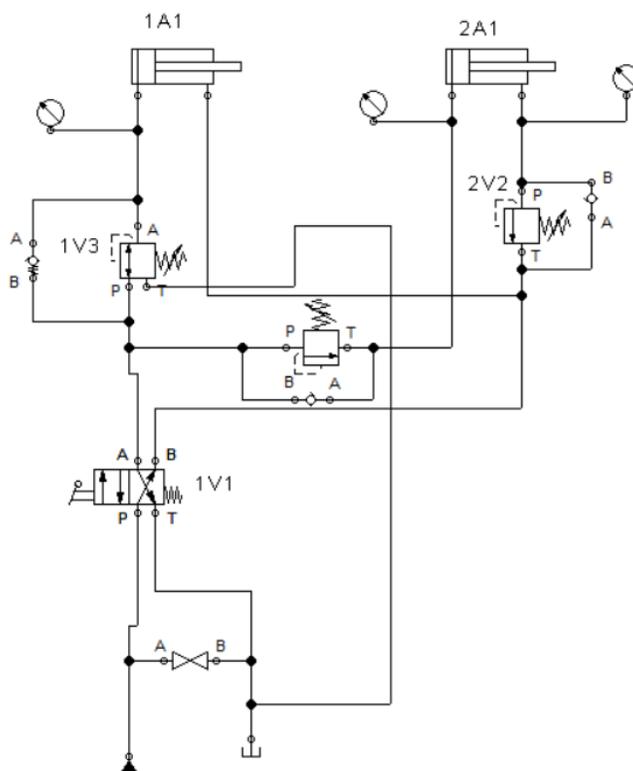
La breve explicación del funcionamiento, se da por el avance del cilindro de fijación 1A1 el cual simula que sujeta la culata. Alcanzada la presión necesaria que se requiere, se abre una válvula reguladora de presión 2V1 para que el segundo cilindro 2A1 pueda avanzar. La contra presión se genera con otra válvula limitadora de presión 2V2.

En el presente ejercicio se ponen a prueba las diferentes válvulas que se disponen en el laboratorio, también la válvula check, la válvula reguladora de presión y los manómetros que fueron los que se sustituyeron por el mantenimiento seleccionado.

El análisis de los resultados obtenidos se encuentra en el siguiente capítulo.

Figura 31

Circuito hidráulico del ejercicio de fresado de culatas a implementar



Nota. Implementación del circuito 2, utilizando las nuevas válvulas que sustituyeron módulo de hidráulica básica y válvulas de hidráulica avanzada.

Figura 32

Circuito de fresado de culatas implementado



Nota. Implementación del circuito 2, utilizando las nuevas válvulas que sustituyeron módulo de hidráulica básica e hidráulica avanzada.

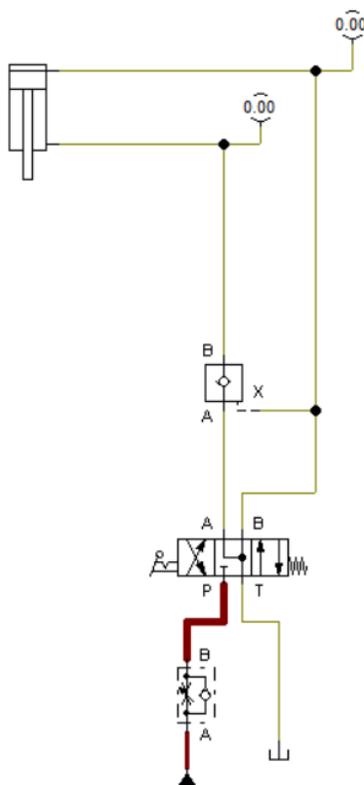
Ejercicio 3: Bloqueo del eje en voladizo para evitar su descenso.

Este ejercicio muestra la simulación de los movimientos de un cilindro hidráulico. Este cilindro soporta varias cargas las cuales se deben compensar. Debe detenerse en cualquier posición para evitar que la carga no descienda involuntariamente. Para que circule de manera controlada se incluye una válvula limitadora.

El análisis de los resultados obtenidos se encuentra en el siguiente capítulo.

Figura 33

Circuito a implementar del bloque de un cilindro



Nota. Implementación del circuito 3, utilizando las nuevas válvulas que sustituyeron módulo de hidráulica.

Figura 34

Implementación del circuito hidráulico



Nota. Implementación del circuito 3, utilizando las nuevas válvulas que sustituyeron módulo de hidráulica básica e hidráulica avanzada.

Ejercicio 4: Implementación PLC en un circuito hidráulico

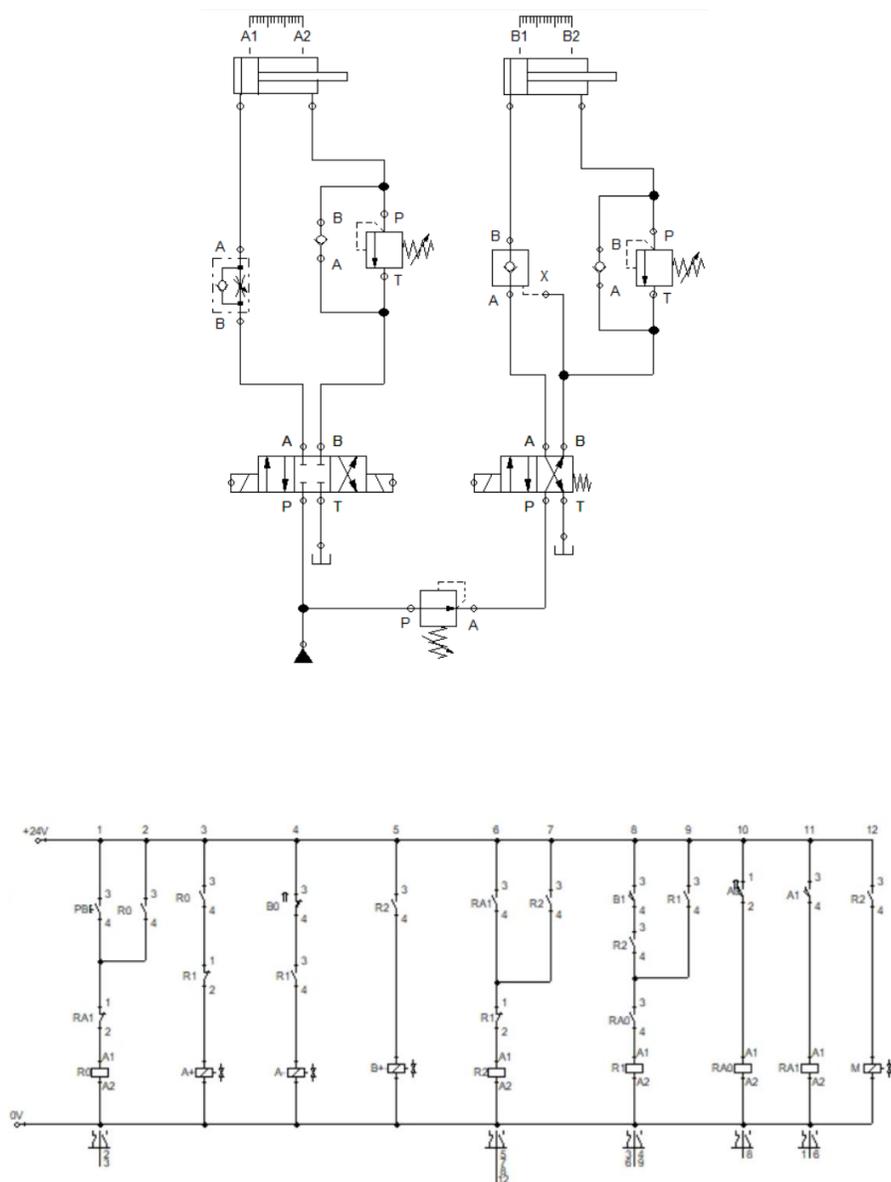
En el presente ejercicio se automatizará la automatización del funcionamiento de un circuito hidráulico con la utilización del PLC S7 – 1214C DC/DC/DC y las válvulas que se sustituyeron en el presente trabajo.

Una breve descripción de funcionamiento del siguiente circuito se basa en que cada cilindro posee finales de carrera los cuales se encargan de marcar el punto de inicio y el punto final de salida del cilindro. Al accionar PB el cilindro A procede a su apertura hasta el final de carrera A1 una vez llegue a este punto el cilindro B procede a su apertura hasta el final de carrera B1 y retrocede hasta B0, entonces el cilindro A procede a su cierre hasta A0.

El análisis de los resultados obtenidos se encuentra en el siguiente capítulo.

Figura 35

Circuito electrohidráulico a automatizar

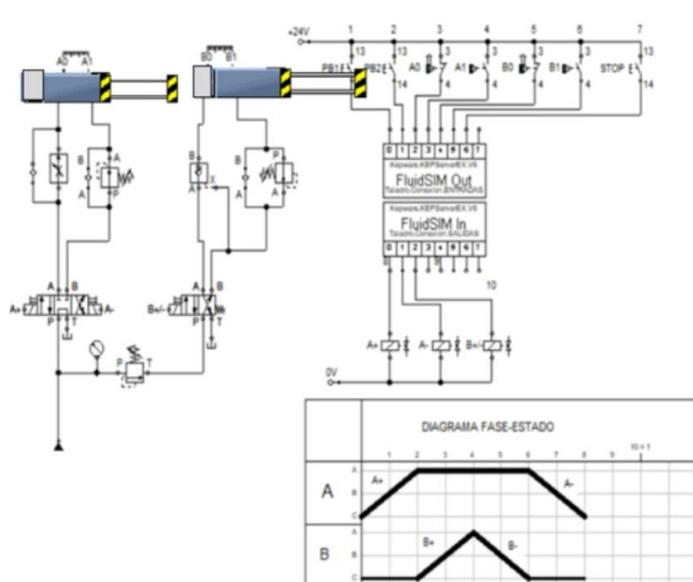


Nota. En la figura se puede observar el circuito hidráulico y eléctrico del proceso mediante pulsadores y relés el que se requiere automatizar mediante PLC.

Para lograr la automatización de este circuito se lo realiza con la ayuda del PLC S7-1214C por lo que se procede a realizar la programación en TIA Portal que es el programa con el que se realiza la programación y subida al PLC de la serie S7.

Figura 36

Circuito automatizado a implementar



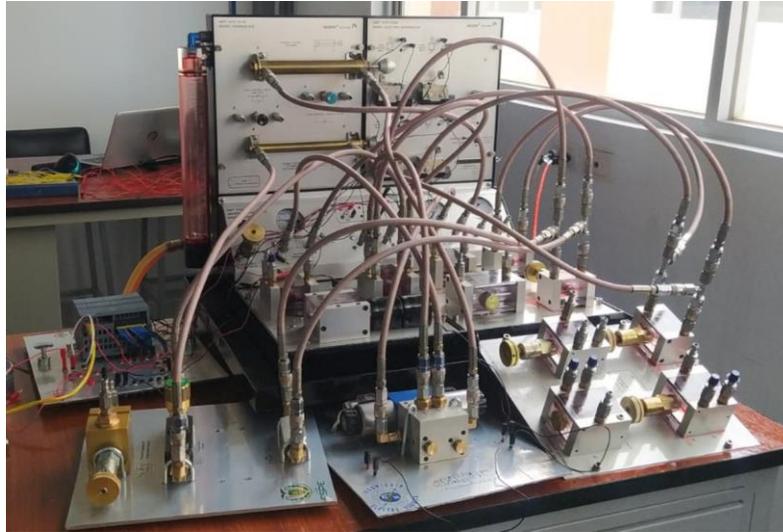
Nota. En la figura se puede observar el diagrama eléctrico de cómo se realizará la conexión del sistema automatizado mediante un PLC.

Una vez realizada la implementación en simulación del circuito se procede a realizar su conexión física utilizando una variable para cada salida o entradas de señales digitales, así como su conexión en estado físico y realizando la prueba del proceso realizado.

Para poder automatizar el presente circuito se han utilizado finales de carrera como entradas desde el módulo de construcción hasta el PLC, las salidas que salen desde el PLC se conectan hacia las dos electroválvulas que se representó en el esquema del circuito hidráulico. De esta manera se logra de manera correcta que se automatice el proceso de apertura y cierre de dos cilindros, siguiendo una secuencia: A+ B+ B- A-.

Figura 37

Circuito automatizado

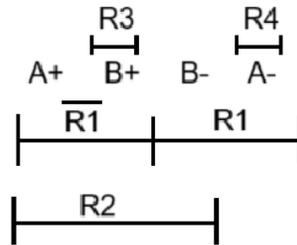


Nota. En la imagen se puede observar el circuito hidráulico automatizado con el PLC S7 – 1214C

Ecuaciones para programación.

Para programar la automatización del proceso en el PLC vamos a revisar el proceso y de aquí se obtendrá las ecuaciones SET – RESET, las cuales son la base primordial para poder pasar y programar en código Ladder que es el lenguaje que maneja el PLC S7 con ayuda del programa TIA Portal.

Teniendo en cuenta que el proceso a desarrollarse viene dado por la secuencia A+ B+ B- A-, donde A y B son dos cilindros conectados a finales e inicios de carrera respectivamente. Las ecuaciones nos quedarían de la siguiente manera:



$$A+ = R2$$

$$B_{\pm} = R3$$

$$A- = R4$$

$$R1_{\pm} = (b1 + R1) * \bar{a}_0$$

$$R2_{\pm} = (Pb * \bar{R1} + R2)(\bar{b}_0 + R3 + R1 * \bar{R4})$$

$$R3_{\pm} = (a1 * \bar{R1} + R3) * \bar{R1}$$

$$R4_{\pm} = (R1 * b_0 + R4) * \bar{a}_0$$

Una vez obtenidas estas ecuaciones para el movimiento de los cilindros se procede con su implementación en el software de programación TIA Portal que es el software con el que se manejan este tipo de PLC.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

Una vez concluidas las acciones de implementación, se procede a detallar y analizar cada una de las actividades que se realizaron en el presente trabajo de integración curricular, validando los resultados en pruebas funcionales y visuales para determinar el correcto funcionamiento de los nuevos módulos y de los que han sido repotenciados para la mesa #5 del laboratorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE sede Latacunga.

Acciones de mantenimiento centrado en la confiabilidad

En base en el estado en que se encontraron los módulos hidráulicos Degem Systems de la mesa #5 del laboratorio de neutrónica e hidráulica, se realizó un plan de mantenimiento centrado a la confiabilidad (RCM), gracias a la cual se obtuvieron resultados positivos en cuanto a los objetivos planteados en la implementación del presente trabajo de integración curricular, actualizando la tecnología de los diferentes módulos y repotenciándolos para dejarlos en condiciones normales de funcionamiento. Como resultado de esto se observa que gracias a la aplicación de las tareas a condición seleccionadas se logró el alargue de la vida útil de los componentes y los subsistemas que componen el circuito hidráulico, así como la estructura que se encuentra en el módulo de alimentación eléctrica, armazón que protege a la placa electrónica del sistema de control de velocidad de la bomba y la limpieza del motor de la bomba hidráulica.

Las tareas de aplicación en RCM de trabajo a la falla o a la rotura, en donde se observaron que el manómetro que se encontraba ya deteriorado por el largo tiempo de uso que ha tenido sin haberle realizado mantenimiento, al igual que la válvula 4/3 con accionamiento por solenoide que se la encontró rota y sin posibilidad de darle uso.

Las tareas de búsqueda de fallas se las realizó al módulo de alimentación por 24 Volts DC, observando y midiendo que la cantidad de voltaje que salga de estos componentes estén

en el rango de los 24 Volts; también observando que no existan fugas del líquido hidráulico en las válvulas, mangueras, manómetros y demás componentes que se encuentran en el circuito hidráulico.

Acciones de reacondicionamiento y sustitución cíclica

Al tener un tiempo de vida mayor a 20 años, la manipulación constante, la presión del fluido hidráulico, golpes y sobrecargas de las válvulas, electroválvulas, elementos de control y resto de componentes que se encuentran montados en los diferentes módulos hidráulicos, han afectado la funcionalidad de estos equipos causando fallas por fatigas, roturas y fugas de líquido por lo que se ha visto reducida su vida útil y la afectación del funcionamiento correcto de las mismas.

Es por este motivo que ingresan las tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica de las diferentes válvulas en donde se encontraron estas fallas, dando como resultado el aprovechamiento máximo de la presión con la que ingresa el fluido hidráulico hacía las mismas evitando las fugas o el salto de aceite en el momento de su accionamiento, lo cual puede afectar al rendimiento o el desarrollo de las prácticas que se realizan en el laboratorio. Sustituyendo el módulo hidráulica básica y avanzada por un nuevo módulo en el que se encuentren las nuevas válvulas en perfecto estado de funcionamiento y acomodado de manera que no se produzca choques entre el otro módulo que se ubica a lado.

Las acciones de reacondicionamiento se basaron en el estado en el que se encontraban los módulos, en el caso del tablero maestro hidráulico se pudo observar que el único componente que mostraba errores era el manómetro, motivo por el cual se procede con su reacondicionamiento colocando un nuevo manómetro evitando así cambiar todos sus componentes, al igual que la electroválvula 4/2 accionada por solenoide de 24 Volts DC.

Figura 38

Reacondicionamiento y sustitución cíclica de los módulos hidráulica básica.



Nota. Como se puede observar en el estado de los componentes de la **Tabla 6**, las válvulas del módulo hidráulica básica se encontraban con muchos errores, por lo que la mejor opción fue optar por la sustitución de estos componentes.

Acciones de tareas a condición

Las tareas a condición sirven para poder incrementar la potencialidad del sistema, añadiéndole confiabilidad y brindando la seguridad al usuario de que el activo no va a sufrir fallas o errores al momento de su funcionamiento. En el caso de nuestro sistema hidráulico se ejecutaron las siguientes tareas:

- Colocación del nuevo manómetro.
- Limpieza interior y exterior de la bomba hidráulica y el sistema de alimentación.
- Reemplazo de carcasa de protección de donde se encuentra el sistema de control.

- Ajuste de conexiones entre válvulas.

Aplicando este tipo de acciones de mantenimiento se ha logrado aumentar la vida útil de estos componentes, así como aumentar la eficiencia del sistema causando un aprovechamiento óptimo de todos los módulos hidráulicos Degem System.

Figura 39

Reposición y colocación de componentes



Nota. Se llevo a cabo acciones de limpieza en la bomba hidráulica, instalación de nuevos manómetros y el remplazo de la carcasa exterior.

Acciones de Trabajo a la falla o rotura

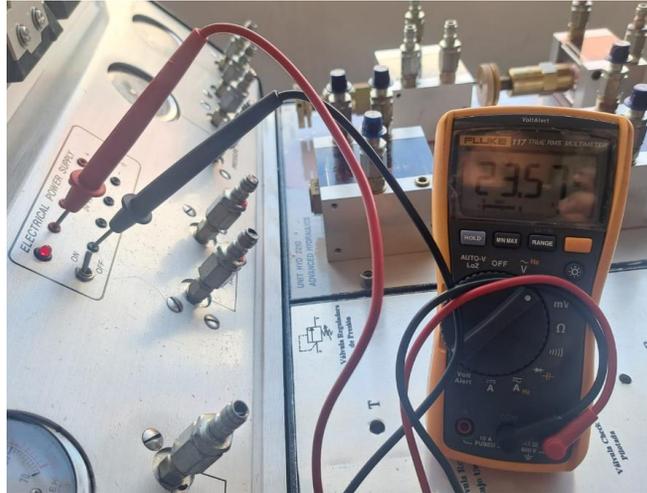
Debido al continuo uso que se les dan a los módulos Degem System de la mesa #5, se pueden producir grietas, fracturas, roturas y fugas de aceite, por lo que fue necesario verificar el estado en que se encontraban los diferentes equipos. Ejecutando las acciones de mantenimiento, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Conector bananas hembra de 2mm en optimo estado sin visualizar fracturas o roturas en su composición.
- Estructura de los módulos hidráulicos en buena condición física y visual.
- Finales de carrera que se encuentran en el tablero de control en buen estado.

- Mediciones de salidas de voltaje a 24 Volts correctamente.

Figura 40

Medición del voltaje de salida



Nota. Verificación del valor de voltaje que nos otorgan las salidas del módulo hidráulico.

Pruebas de funcionamiento – Resultados obtenidos

Una vez que se ha realizado la implementación de cada circuito hidráulico se va a realizar la comparación entre los resultados que obtuvimos en la vida real y los resultados que se obtuvieron en el programa de simulación FluidSIM hidráulica de la empresa FESTO, la ventaja de este software es que nos da la capacidad de realizar simulaciones en tiempo real, observar diagramas de posición y nos ayuda con herramientas para poder observar el valor de presiones en cualquier punto que se requiera.

Ejercicio 1

El ejercicio 1 se trata de la aplicación de una contrafuerza al realizar el cierre de una compuerta, para la obtención y comparación de resultados se ha realizado la simulación en el software FluidSIM y su respectiva implementación en el módulo hidráulico que ha sido restituido con nuevas válvulas y elementos.

Se realizará las mediciones antes de que se accione la válvula accionamiento por palanca 4/2, cuando se accione la válvula lo que produzca la apertura del cilindro y cuando se deje de accionar la válvula provocando el regreso del cilindro. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8

Comparación de resultados obtenidos sin accionar la contrafuerza

Presión	Simulación	Implementación
Ingreso (bar)	30	30
Manómetro 1 (bar)	0	0
Manómetro 2 (bar)	29.99	25

Nota. En la tabla se puede observar la comparación de valores que se obtuvieron entre la simulación y la implementación, antes de accionar la válvula de vía 4/2.

Tabla 9

Comparación de resultados accionando la válvula

Presión	Simulación	Implementación
Ingreso (bar)	30	30
Manómetro 1 (bar)	28.13	28.50
Manómetro 2 (bar)	32.38	31

Nota. En la tabla se puede observar la comparación entre resultados obtenidos en simulación e implementación al momento de la apertura del cilindro.

Tabla 10

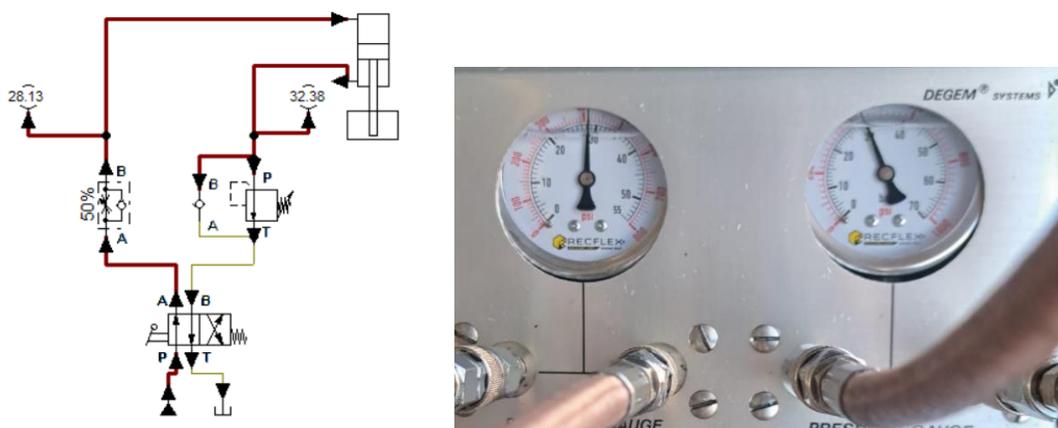
Comparación de resultados soltando el accionar de la válvula

Presión	Simulación	Implementación
Ingreso (bar)	30	30
Manómetro 1 (bar)	31	29.50
Manómetro 2 (bar)	14	15

Nota. En la tabla se puede observar la comparación de resultados obtenidos al momento de soltar el accionamiento y retorno del cilindro.

Figura 41

Comparación de valores obtenidos



Nota. En la imagen podemos observar la comparación de valores obtenidos en la simulación mediante FluidSIM y los valores obtenidos en la implementación del circuito en los manómetros del módulo.

Se puede observar que hay una pequeña variación entre valores obtenidos entre simulación y valores obtenidos en los manómetros del módulo implementado, esto se debe a que las nuevas válvulas que se colocaron en el módulo no se encuentran en el cerradas o con

apertura exacta como en la simulación, ya que en el módulo se cierran y abren mecánicamente, mientras que en la simulación se ingresa el valor en porcentaje que requerimos para su cierre o apertura.

Ejercicio 2

El ejercicio 2 se trata de simular una máquina de mecanizado que sujeta a una pieza mediante cilindros hidráulicos. Para comparar los resultados que se obtienen en la simulación con los resultados en su implementación se realizará la comparación en una tabla de presiones obtenidas.

Se tomarán valores al momento de la apertura del primer cilindro, segundo cilindro y cierre de ambos cilindros. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11

Comparación de resultados con el primer cilindro abierto

Presión	Simulación	Implementación
Ingreso (bar)	30	30
Manómetro 1 (bar)	1.10	2
Manómetro 2 (bar)	10.98	13
Manómetro 3 (bar)	17.49	19

Nota. En la tabla se puede observar la diferencia entre resultados de las presiones obtenidos entre la simulación y la implementación al momento de la apertura del primer cilindro.

Tabla 12

Comparación de resultados con el segundo cilindro abierto

Presión	Simulación	Implementación
Ingreso (bar)	30	30
Manómetro 1 (bar)	1.10	2
Manómetro 2 (bar)	15	18
Manómetro 3 (bar)	15	17

Nota. En la tabla se puede observar los valores arrojados entre simulación e implementación al momento de la apertura total del segundo cilindro.

Tabla 13

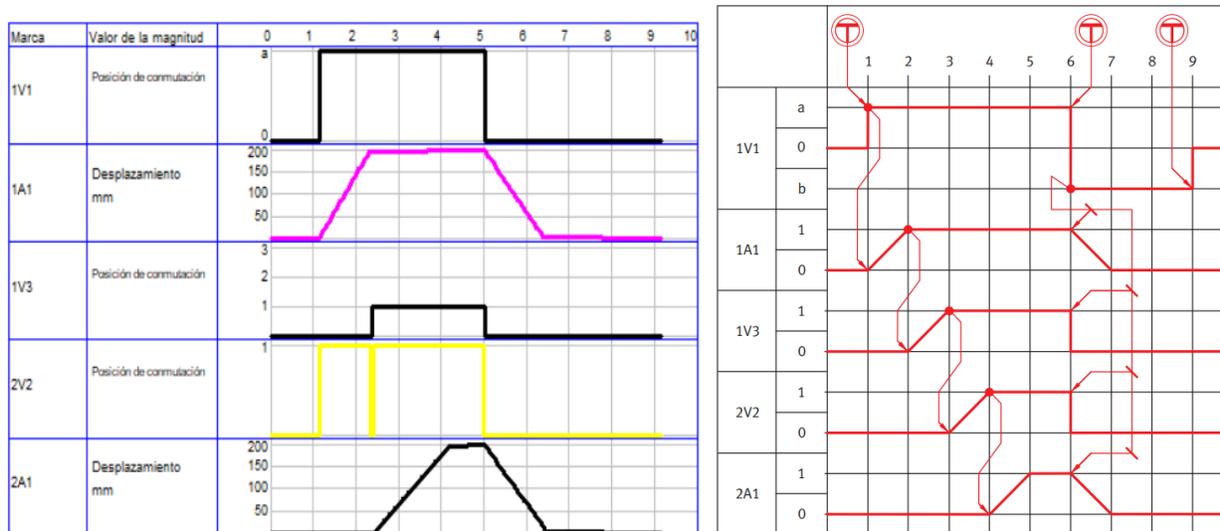
Comparación de resultados dejando de accionar la válvula

Presión	Simulación	Implementación
Ingreso (bar)	30	30
Manómetro 1 (bar)	1.61	2
Manómetro 2 (bar)	1.14	5
Manómetro 3 (bar)	2.82	4

Nota. En la tabla podemos observar los valores obtenidos al momento de soltar el accionamiento de la válvula lo que lleva al cierre de ambos cilindros.

Figura 42

Comparación del diagrama espacio - pasos



Nota. Comparación diagrama espacio – pasos.

En la **Figura 42** a la derecha se puede observar el diagrama espacio – pasos que se ha obtenido en la implementación, mientras que a la izquierda se observa el diagrama espacio – pasos que se debe obtener al momento de implementar el circuito. Se observa la diferencia en las reacciones que tienen las válvulas de presión, esto debido a que se utilizan de diferente marca y algunas tienen fugas. Con respecto a los cilindros 1V1 y 1A1, el diagrama es similar a lo que se debe obtener.

Ejercicio 3

El ejercicio 3 nos muestra la simulación de un cilindro hidráulico que soporta diversas cargas, por lo que debe de quedarse estático, compensando este peso y no ceder.

Para comparar los resultados que se obtienen en la simulación con los resultados en su implementación se realizará la comparación en una tabla de presiones obtenidas en diferentes

puntos. La primera será en el momento de hacer que se quede estático en la apertura del cilindro y la segunda al momento del cierre.

Tabla 14

Resultados obtenidos en la apertura del cilindro

Presión	Simulación	Implementación
Ingreso (bar)	30	30
Manómetro 1 (bar)	5.30	8.5
Manómetro 2 (bar)	8.69	14

Nota. Se observan los valores que se obtuvieron al momento de detener el cilindro a mitad de carrera, mientras se realizaba su apertura.

Tabla 15

Resultados obtenidos en el cierre del cilindro

Presión	Simulación	Implementación
Ingreso (bar)	30	30
Manómetro 1 (bar)	6.19	9
Manómetro 2 (bar)	3.77	5

Nota. Se observan los valores que se obtuvieron al momento de detener el cilindro a mitad de carrera, mientras se realizaba su cierre.

Ejercicio 4

El ejercicio 4 se basa en la automatización de la apertura y cierre de dos cilindros utilizando un autómeta lógico programable (PLC). El proceso que requerimos automatizar sigue la siguiente secuencia: A+ B+ B- A-.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones.

- Conforme los antecedentes presentes en los módulos descritos en el trabajo de integración curricular, se efectuó la actualización tecnológica y mantenimiento a los módulos electrohidráulicos Degem Systems, dentro del Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara, otorgando al laboratorio innovación en sus metodologías de enseñanza.
- Se realizó una investigación exhaustiva de los estándares de funcionamiento de los equipos y elementos involucrados dentro de los módulos seleccionados para la actualización tecnológica. Este análisis permitió la comprensión de su contexto operacional, lo que a su vez facilitó su correcta sustitución y perfeccionamiento dentro de los procesos hidráulicos realizados en las prácticas de laboratorio.
- Con el propósito de mejorar y mantener el rendimiento óptimo de los componentes esenciales del grupo motriz, compuesto por la bomba hidráulica, tanque de aceite y la tarjeta de control, se implementó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Este enfoque se tradujo de manera exitosa en la recuperación efectiva de su funcionalidad y en la prolongación de su vida útil.
- Tras realizar exhaustivas pruebas funcionales a las válvulas de presión y control, se identificaron diversas fallas operativas ocasionadas por fugas internas, las cuales eran resultado de la ruptura o fatiga de los materiales con los que habían sido fabricadas originalmente. Para abordar esta problemática, se implementó un proceso de sustitución cíclica que dio lugar al diseño y construcción de un innovador módulo compuesto por nuevas válvulas. Este enfoque no solo permitió restaurar la

funcionalidad de las mismas, sino que también garantizó que las futuras prácticas que realicen arrojen resultados confiables y consistentes, añadiendo seguridad tanto a los operadores como estudiantes involucrados en su utilización.

- Dado la condición deterioro irreversible y la inoperancia tanto de la electroválvula 4/3 con accionamiento por solenoide a 24 Volts como de la válvula 4/3 con accionamiento manual, se ha tomado la decisión de llevar a cabo una sustitución integral de estos componentes de control. En virtud de la búsqueda de mejorar la confiabilidad operativa y prolongar la vida útil de los nuevos componentes, se ha optado por la selección de válvulas construidas en acero, lo que asegura una mayor resistencia estructural y una vida útil considerablemente extendida.
- Como parte integral de este proyecto, se llevó a cabo el diseño y la construcción de un módulo de automatización industrial que se basa en la comunicación Ethernet industrial, mediante la implementación de un PLC S7 – 1214C DC/DC/DC, que establece conexiones con los diversos componentes electrónicos presentes en el módulo hidráulico, los cuales incluyen electroválvulas, sensores de inicio y final de carrera, entre otros elementos. Este enfoque de comunicación facilita un control más automatizado de los procesos hidráulicos elevando el estándar de aprendizaje.

Recomendaciones.

- Debido a la antigüedad del módulo hidráulico, se recomienda que se realice un uso con exhaustiva precaución especialmente enfocado en las actividades que involucran las válvulas de material acrílico. Este material, con el pasar del tiempo, ha adquirido una mayor fragilidad, lo que las vuelve susceptibles al daño cuando se somete a presiones significativas. En este sentido se debe mantener un control de la presión a fin de evitar su degradación acelerada o incluso su destrucción.
- Se recomienda establecer un programa de mantenimiento periódico para el módulo hidráulico y sus componentes, con un enfoque particular hacia el grupo motriz, tablero de mando y protegiendo también el resto de válvulas reguladoras de presión. Esto asegurará la operación continua y mejorada de los procesos hidráulicos en línea con los avances actuales.
- Para llevar el aprendizaje a un nivel superior, se recomienda explorar y desarrollar nuevos casos de uso avanzados con el fin de desafiar a los estudiantes a aplicar habilidades de automatización en situaciones más complejas y realistas. Estos casos de uso podrían involucrar la coordinación de más componentes y resolución de problemas que reflejen desafíos del mundo real en la industria.
- Para asegurar un rendimiento óptimo y prolongado de los nuevos componentes del módulo hidráulico, se recomienda establecer un programa de mantenimiento predictivo, realizar evaluaciones periódicas del rendimiento de nuevo módulo de válvulas. De este modo se podría identificar áreas en las que se pueden realizar ajustes y mejoras adicionales en función del aprendizaje académico.

Bibliografía

- Aheimer, R., Loffler, C., Merkle, D., Prede, G., Rupp, K., Scholz, D., & Burkhard, S. (2013). *Hidráulica Electrohidráulica Fundamentos*. Festo Didactic GmbH & Co.
- Alajo, M., & Ruiz, C. (2013). *Diseño e implementación de un modulo didáctico de control hidráulico para prácticas de Laboratorio de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Castillo Jiménez, R. (2022). *Montaje y reparación de sistemas neumáticos e hidráulicos, bienes de equipos y maquinas industriales FMEE0208* (Segunda Edición). IC Editorial. Castillo Jiménez, R. (2022). *Montaje y reparación de sistemas neumáticos e hidráulicos, bienes de equipo y máquinas industriales: FMEE0208* (2a. ed.). 2. Málaga, IC Editorial. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/espe/226991?page=92>.
- ComunicarSe. (2011, julio 26). *Beneficios de la actualización tecnológica* [Noticias]. ComunicarSe. <https://www.comunicarseweb.com/biblioteca/beneficios-de-la-actualizacion-tecnologica>
- Creus, A. (2011). *Neumática e hidráulica* (Segunda Edición). Alfaomega Grupo Editor.
- Creus Solé, A. (2008). *Neumática e Hidráulica*. Marcombo. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/espe/45915?page=217>.
- Daneri, P. A. (2008). *PLC: automatización y control industrial* (1a edición). Editorial Hispano Americana HASA.
- Duque, J. (2021). *COMPONENTES DE LOS SISTEMAS ELECTRONEUMÁTICOS Y ELECTROHIDRÁULICOS*. https://www.researchgate.net/profile/Jovanny-Duque/publication/351458721_COMPONENTES_DE_LOS_SISTEMAS_ELECTRONEUMATICOS_Y_ELECTROHIDRAULICOS/links/60995d20299bf1ad8d9071f0/COMPONENTES-DE-LOS-SISTEMAS-ELECTRONEUMATICOS-Y-ELECTROHIDRAULICOS.pdf

- Electromecanic. (s. f.). Tipos de filtros hidráulicos. *automantenimiento.net*. Recuperado 27 de junio de 2023, de <https://automantenimiento.net/hidraulica/tipos-de-filtros-hidraulicos/>
- García Palencia, O. (2012). *Gestión moderna del mantenimiento industrial*. Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/ereader/espe/70203?page=1>
- Gonzales Ajuech, V., Medrano Márquez, J. Á., & Díaz, V. M. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales* (1era Edición). Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/ereader/espe/40508?page=5>
- Gutiez, I. (2023, abril 17). *PLC S7-1200 de Siemens: Características generales*. ProgramaciónSiemens.com. <https://programacionsiemens.com/s7-1200/>
- Heras Jiménez, S. D. L. (2018). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas* (2da Edición). Universitat Politècnica de Catalunya. <https://elibro.net/es/ereader/espe/127266?page=4>
- HY-DRA. (2023, febrero 24). ¿Qué es la electrohidráulica? *Hy-dra.es*. <https://www.hy-dra.es/que-es-la-electrohidraulica/>
- Jimenez Ruiz, A. (2012, junio 4). Accionamiento de las válvulas distribuidoras. *SISTEMAS NEUMÁTICOS*. <https://neumaticabasicaepp.wordpress.com/44-2/accionamiento-de-las-valvulas-distribuidoras/>
- Mertens, L. (2018, octubre 15). *La revolución tecnológica 4.0 y su impacto en las competencias de las personas: ¿disrupción o evolución?* | Blog Recursos Humanos | AMEDIRH. Blog Recursos Humanos. <https://www.amedirh.com.mx/blogrh/sector-energetico-en-rh/la-revolucion-tecnologica-4-0-y-su-impacto-en-las-competencias-de-las-personas-disrupcion-o-evolucion/>
- Morales, M., Medina, E., Jimenez, J., & Muñoz, S. (2022). *Caracterización, diseño, mejora y puesta en funcionamiento de tres estaciones didácticas de hidráulica y electrohidráulica para prácticas académicas en la ETITC*. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad* (Edición en Español). Aladon LLC.

Orduña, F., Rosas, M. C., Acosta, D. C., & Alvarado, M. (2020). Reto de la automatización y la robótica para los estudiantes de ingeniería industrial. : : *Francisco Orduña, M.C. Rosas, D.C. Acosta, M. Alvarado Revista: Revista de Divulgación Científica y Tecnológica, México.*

proweb. (2016, marzo 10). *¿Por qué mi empresa requiere de una actualización tecnológica?* [Tecnología]. Novamedia. <https://novamedia.com.mx/por-que-mi-empresa-requiere-de-una-actualizacion-tecnologica/>

Siemens. (s. f.). *CPU 1214C DC/DC/DC*. Recuperado 26 de julio de 2023, de https://www.automation.siemens.com/bilddb/search.aspx?objkey=P_ST70_XX_04846

Softimiza. (2022, julio 13). *¿Por qué invertir en la renovación tecnológica?* - Softimiza. Softimiza, Optimización de Activos Informaticos. <https://softimiza.co/blog/razones-para-invertir-en-renovacion-tecnologica>

Anexos