



**Actualización tecnológica del módulo Electrohidráulico N °2 Degem System, e implementación de una red de comunicación industrial PROFINET para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara.**

Basantes Tisalema, José Luis y Martínez Apuntes, Ludwin Jhojard

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Electromecánica

Ing. Sánchez Ocaña, Wilson Edmundo

28 de febrero del 2024

Latacunga

## Reporte de Verificación de Contenidos



**Copyleaks**  
Plagiarism report

### 1\_T-EPEL-ELEC\_Basantes\_Martinez\_FI...

---

#### Scan details

Scan time: February 27th, 2024 at 22:56 UTC	Total Pages: 100	Total Words: 24766
--	---------------------	-----------------------

#### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.5%	624
Minor Changes	0.9%	222
Paraphrased	4.3%	1058
Omitted Words	0%	0

#### AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

#### 🔍 Plagiarism Results: (60)

	<b>ESPEL-EMI-0457-P.pdf</b>	<b>1.3%</b>
	<a href="https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/35729/1/espel-emi-0457-p.pdf">https://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/35729/1/espel-emi-0457-p.pdf</a>	
	Kevin Rea	
	1 Carátula Diseño e implementación de un módulo didáctico para el monitoreo y control de variables físicas y eléctricas de un proceso ro...	
	<b>T-EPEL-EMI-0468.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</b>	<b>1.2%</b>
	<a href="https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/36955/t-espel-emi-0468.pdf?sequence=1&amp;isall...">https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/36955/t-espel-emi-0468.pdf?sequence=1&amp;isall...</a>	
	ghmotoche@espe.edu.ec	
	1 "Actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Univer...	
	<b>Qué son las redes de comunicación industrial y cómo funcionan</b>	<b>1.1%</b>
	<a href="https://www.cursosaula21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/">https://www.cursosaula21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/</a>	
	...	
	<b>Redes de Comunicación Industrial: todo lo que necesitas saber</b>	<b>0.8%</b>
	<a href="https://www.sicma21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/">https://www.sicma21.com/que-son-las-redes-de-comunicacion-industrial/</a>	
	...	



.....  
Ing. Sánchez Ocaña, Wilson Edmundo

C.C: 0501529937

Certified by



About this report  
[help.copyleaks.com](https://help.copyleaks.com)

copyleaks.com





Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: “Actualización tecnológica del módulo Electrohidráulico N °2 Degem Systems, e implementación de una red de comunicación industrial PROFINET 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 **Basantés Tisalema, José Luis y Martínez Apuntes, Ludwin Jhojard**; 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, 28 de febrero del 2024

Firma:

Ing. Sánchez Ocaña, Wilson Edmundo

C.C: 0501529937



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Basantes Tisalema, José Luis** con cedula de ciudadanía N° 0503985145, y **Martínez Apuntes, Ludwin Jhojard** con cedula de ciudadanía N° 1725909715, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: “**Actualización tecnológica del módulo Electrohidráulico N°2 Degem Systems, e implementación de una red de comunicación industrial PROFINET 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, 28 de febrero del 2024

Firma:

**Basantes Tisalema, José Luis**

C.C: 0503985145

Firma:

**Martínez Apuntes, Ludwin Jhojard**

C.C: 1725909715



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Autorización de Publicación

Nosotros, **Basantes Tisalema, José Luis** con cedula de ciudadanía N° 0503985145, y **Martínez Apuntes, Ludwin Jhojard** con cedula de ciudadanía N° 1725909715, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: “Actualización tecnológica del módulo Electrohidráulico N°2 Degem Systems, e implementación de una red de comunicación industrial PROFINET para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 28 de febrero del 2024

Firma:

**Basantes Tisalema, José Luis**

C.C: 0503985145

Firma:

**Martínez Apuntes, Ludwin Jhojard**

C.C: 1725909715

## Dedicatoria

*Con profundo agradecimiento, admiración, orgullo y emoción, dedico esta tesis a las personas que han contribuido a la realización de este trabajo y a mi formación como ingeniero.*

*A mis padres, por su amor, su apoyo y su confianza. Gracias por darme la oportunidad de estudiar, por estar siempre a mi lado y por guiarme con su sabiduría.*

*A mis hermanos, por su amistad, su lealtad y su alegría. Gracias por compartir conmigo tantas experiencias, por animarme en los momentos difíciles y por celebrar conmigo los logros.*

*A mi novia, por su cariño, su comprensión y su paciencia. Gracias por acompañarme en este proyecto, por escucharme con atención y por darme tu ánimo y tu consejo.*

*A mis profesores, por su enseñanza, su orientación y su exigencia. Gracias por transmitirme sus conocimientos, por motivarme a superarme y por evaluar mi trabajo con rigor y justicia.*

*A mis amigos, por su compañerismo, su solidaridad y su diversión. Gracias por hacerme parte de su grupo, por apoyarme y por distraerme cuando lo necesitaba.*

*A mis maestros, por su experiencia, su generosidad y su ejemplo. Gracias por enseñarme los secretos de la ingeniería mecánica, por compartir conmigo sus proyectos, su profesionalidad, su calidad y por inspirarme con su trabajo.*

*A todos y todas ellos, les dedico esta tesis con todo mi respeto y mi reconocimiento.*

**Basantes Tisalema José Luis**

## Dedicatoria

*Con gran satisfacción quiero expresar mi más profundo agradecimiento, reflexión y expectación hacia todas las personas que contribuyeron a la culminación de este trabajo así como aquellos que me acompañaron en este viaje de formación como profesional. Su apoyo inmutable, orientación y aliento fueron esenciales para superar desafíos y alcanzar este logro significativo.*

*A mi madre, pilar fundamental en mi vida cuyo amor incondicional, apoyo constante, guía y convicción han sido fuentes inagotables de inspiración y fortaleza en los momentos más difíciles.*

*A mi padre, voz de experiencia y sabiduría cuya influencia ha sido el cimiento sobre el cual he construido mis sueños y metas.*

*A mi hermano, confidente de vida, compañero de experiencias y cómplice más leal, cuya personalidad es responsable de innumerables alegrías y momentos de amor fraternal.*

*A mi novia, guardiana amorosa y consejera leal, quien llena mi vida de amor, alegría y compasión gracias por sujetarme cuando me hace falta y me alzarne cuando más lo necesito.*

*A mis profesores quienes, con su dedicación, sabiduría y paciencia, me transmitieron sus conocimientos, gracias por dejar una marca indeleble en mi vida personal y profesional.*

*A mis amigos, por sus ocurrencias, apoyo mutuo y camaradería que lograron hacer cada día más memorable y significativo, gracias por la oportunidad de crecer juntos.*

*A todos y todas ellos, les dedico esta tesis con todo mi respeto y mi reconocimiento.*

**Martínez Apuntes, Ludwin Jhojard**

## **Agradecimiento**

*La realización de esta tesis ha sido un reto y una satisfacción personal y profesional, que no habría sido posible sin la ayuda y el apoyo de muchas personas, así como también la universidad a las que quiero expresar mi más sincero agradecimiento.*

*En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, especialmente a mis padres, mis hermanos y mi pareja, por su amor, su comprensión, su apoyo y su orgullo. Ellos han sido mi fuente de inspiración y mi refugio en los momentos difíciles. Esta tesis también es suya.*

*De la misma manera agradecer a mi tutor de tesis, el Ing. Wilson Sánchez, por su asesoramiento, su disponibilidad, su rigor, su paciencia y su amabilidad. Su apoyo, sus consejos y su experiencia han sido fundamentales para el desarrollo y la calidad de este trabajo.*

*Agradezco también a mi compañero de tesis Ludwin Martínez, por su colaboración, su amistad y su ánimo. Compartir esta etapa ha sido un privilegio y un placer.*

*También me gustaría reconocer y agradecer a la Universidad de las fuerzas armadas ESPE, por haberme concedido la oportunidad de pertenecer a dichosa institución adquiriendo grandes experiencias y conocimientos, así como también el facilitarme el acceso a los recursos y las herramientas necesarias para la realización de esta tesis.*

*Y, por último, pero no por ello menos importante, quiero agradecer a mis amigos y amigas, por su cariño, su alegría, su compañía, su apoyo y su diversión. Ellos han sabido darme ánimos, distracción y equilibrio cuando más lo necesitaba.*

*A todos y todas, muchas gracias por haber formado parte de este sueño hecho realidad.*

**Basantes Tisalema José Luis**



## **Agradecimiento**

*Quiero expresar con gran satisfacción y de manera elocuente la felicidad en la elaboración y culminación de esta tesis, que ha sido un reto personal y profesional, recalcar que no habría sido posible sin la ayuda y el apoyo de muchas personas, así como también de mi alma mater, a las que quiero expresar mi más sincero agradecimiento.*

*En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, especialmente a mis padres, mi hermano y mi pareja, que hicieron un enorme sacrificio para que pueda culminar mis estudios su apoyo incondicional me dio fuerzas cuando mis metas parecían inalcanzables no hay palabras que puedan compensar todo su amor, aliento y comprensión que me brindaron.*

*De igual manera me gustaría agradecer a mi tutor de tesis, el Ing. Wilson Sánchez, por su asesoramiento, disponibilidad, paciencia y amabilidad.*

*Agradezco también a mi compañero de tesis José Basantes, por su colaboración, amistad y apoyo gracias por permitirme compartir esta etapa ha sido todo un privilegio y un verdadero placer.*

*Agradecer a la Universidad de las fuerzas armadas ESPE, por haberme concedido la oportunidad de pertenecer a virtuosa institución que ha sido cuna de grandes profesionales gracias a ello adquiero grandes experiencias y conocimientos.*

*Y, por último, pero no por ello menos relevantes, quiero agradecer a mis amigos que me acompañaron y me apoyaron en esta etapa muy importante de mi vida, por su cariño, e innumerables momentos de diversión.*

*A todos y todas, muchas gracias por haber formado parte de este sueño hecho realidad.*

**Martínez Apuntes, Ludwin Jhojard**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de Verificación de Contenidos.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de Contenidos.....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>17</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>21</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>22</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>23</b>
<b>Capítulo I: Problemática .....</b>	<b>24</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>24</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>25</b>
<b>Descripción resumida del proyecto.....</b>	<b>26</b>
<b>Justificación, Importancia y Alcance.....</b>	<b>28</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>29</b>
<b>Objetivo General .....</b>	<b>29</b>

<b>Objetivo Específicos</b> .....	<b>29</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>29</b>
<b>Método Investigativo</b> .....	<b>30</b>
<b>Método Analítico</b> .....	<b>30</b>
<b>Hipótesis</b> .....	<b>30</b>
<b>Variable independiente</b> .....	<b>30</b>
<b>Variabes dependientes</b> .....	<b>30</b>
<b>Capítulo II: Fundamento Teórico</b> .....	<b>31</b>
<b>Fundamentos de la Tecnología Electrohidráulica</b> .....	<b>31</b>
<b>Fluido Hidráulico</b> .....	<b>33</b>
<b>Elementos hidráulicos</b> .....	<b>33</b>
<b>Actuadores hidráulicos</b> .....	<b>34</b>
<b>Bombas hidráulicas</b> .....	<b>34</b>
<b>Cilindros hidráulicos</b> .....	<b>34</b>
<b>Cilindros de Simple Efecto.</b> .....	<b>35</b>
<b>Cilindros de doble efecto</b> .....	<b>36</b>
<b>Sistemas de accionamiento</b> .....	<b>36</b>
<b>Válvulas hidráulicas mecánicas</b> .....	<b>36</b>
<b>Válvula Check</b> .....	<b>36</b>
<b>Válvula Pilotada Check</b> .....	<b>37</b>
<b>Válvula reguladora de Flujo</b> .....	<b>38</b>

<i>Válvula reguladora de presión</i> .....	38
<i>Válvulas solenoides</i> .....	39
<i>Partes de una válvula solenoide</i> .....	39
<i>Válvula solenoide 4/2</i> .....	40
<i>Válvula solenoide 4/3</i> .....	40
<b>Aplicaciones Industriales Hidráulicas</b> .....	41
<i>Automatización Industrial</i> .....	41
<i>Maquinaria Electromecánica</i> .....	43
<i>Control de Movimiento y Posicionamiento</i> .....	44
<i>Sistema de Energía Renovable</i> .....	45
<i>Vehículos y Equipos Electromecánicos</i> .....	46
<i>Sistemas de Automatización y Control</i> .....	47
<i>Diseño de Sistemas de Control de Vibraciones</i> .....	48
<b>Fundamentos de los controladores lógicos programables</b> .....	49
<i>Componentes básicos de un PLC</i> .....	49
<i>Unidad central de procesamiento</i> .....	49
<i>Tipos de entradas y salidas</i> .....	50
<i>Lenguajes de programación de PLC</i> .....	51
<i>Tipos de datos</i> .....	51
<i>Unidades de Información</i> .....	51
<b>Protocolos de Comunicación Industrial PROFINET</b> .....	52

<b><i>Ventajas del Uso de Redes de Comunicación Industrial</i></b> .....	<b>52</b>
<b><i>Características de Una Red de Comunicación Industrial</i></b> .....	<b>53</b>
<b><i>Arquitectura de Una Red de Comunicación Industrial</i></b> .....	<b>53</b>
<b><i>Nivel de dispositivo</i></b> .....	<b>53</b>
<b><i>Nivel de control</i></b> .....	<b>54</b>
<b><i>Nivel de información</i></b> .....	<b>54</b>
<b><i>Canales de Comunicación PROFINET</i></b> .....	<b>55</b>
<b>Tendencias y Futuro de la Automatización Hidráulica.</b> .....	<b>55</b>
<b><i>Controladores</i></b> .....	<b>55</b>
<b><i>Sistema de Control de Lazo Abierto</i></b> .....	<b>55</b>
<b><i>Sistemas de Control de Lazo Cerrado</i></b> .....	<b>55</b>
<b><i>Control proporcional integral derivativo (pid)</i></b> .....	<b>56</b>
<b><i>Estrategias de optimización del control y regulación</i></b> .....	<b>56</b>
<b><i>Control de carga adaptativo</i></b> .....	<b>56</b>
<b><i>Control de retroalimentación</i></b> .....	<b>56</b>
<b><i>Aplicación de APP en la automatización hidráulica</i></b> .....	<b>57</b>
<b><i>Procesos Rotacionales en la Industria</i></b> .....	<b>57</b>
<b>Mantenimiento Industrial Basado en RCM</b> .....	<b>58</b>
<b><i>Historia – Evolución</i></b> .....	<b>58</b>
<b><i>Introducción a la Mantenimiento Industrial y RCM</i></b> .....	<b>59</b>
<b><i>Definición de mantenimiento industrial</i></b> .....	<b>60</b>

<i>Conceptos básicos del RCM</i> .....	61
<i>Importancia del mantenimiento</i> .....	62
<i>Principios y objetivos de RCM</i> .....	62
<i>Ventajas de RCM en la gestión del mantenimiento</i> .....	63
<i>Planificación de recursos para el mantenimiento</i> .....	64
<b>Capítulo III: Desarrollo e Implementación</b> .....	<b>65</b>
Revisión del módulo Degem System.....	67
Selección de componentes .....	70
<i>Caja para el circuito de control de la bomba hidráulica</i> .....	70
<i>Válvulas</i> .....	70
CAD de tableros .....	72
<i>Diseño del módulo para las válvulas</i> .....	72
<i>Diseño del módulo para las electroválvulas</i> .....	73
<i>Diseño del módulo para el PLC S7-1200 1214C DC/DC/DC</i> .....	74
Implementación de los módulos.....	74
Mantenimiento centrado en la confiabilidad .....	80
<i>Plan de Mantenimiento RCM</i> .....	81
<i>Funciones operacionales</i> .....	81
<i>Fallos funcionales</i> .....	82
<i>Modos de fallo</i> .....	83
<i>Tareas proactivas</i> .....	84

Programación del Sistema .....	85
Desarrollo de los sistemas .....	87
Análisis de los sistemas .....	87
Sistema: Recolector hidráulico .....	87
<i>Secuencia Recolector</i> .....	88
<i>Simulación FluidSIM Circuito 1</i> .....	89
<i>Secuencia de funcionamiento de Circuito 1</i> .....	92
<i>Diagrama Grafcet del funcionamiento - Circuito 1</i> .....	93
<i>Programación TIA Portal Circuito 1</i> .....	94
Sistema perforador hidráulica .....	96
<i>Secuencia Perforadora</i> .....	97
<i>Simulación FluidSIM Circuito 2</i> .....	98
<i>Secuencia de funcionamiento de Circuito 2</i> .....	100
<i>Diagrama Grafcet del funcionamiento - Circuito 2</i> .....	102
<i>Programación TIA Portal Circuito 2</i> .....	103
Protocolo de comunicación PROFINET .....	105
<i>S7-1500 CPU 1511-1 PN (6ES7511-1AK00-0AB0) (SERVER)</i> .....	105
<i>PLC 1214C DC/DC/DC Perforadora (Client 1) - Recolector (Client 2)</i> .....	109
APP (Smart-Client) .....	111
Capítulo IV: Pruebas y Análisis de Resultados .....	114
Pruebas .....	114

<i>Pruebas Eléctricas</i> .....	114
<i>Pruebas Mecánicas</i> .....	116
<i>Pruebas de Comunicación</i> .....	120
<b>Análisis</b> .....	123
<b>Sistema 1 Recolector Hidráulico de Basura</b> .....	123
<i>Descripción el sistema Hidráulico</i> .....	123
<i>Elementos que componen el sistema Recolector</i> .....	123
<i>Circuito del sistema.</i> .....	124
<i>Pruebas</i> .....	126
<i>Análisis de resultados del Recolector Hidráulico</i> .....	128
<b>Sistema 2 Perforadora Hidráulica</b> .....	129
<i>Descripción el sistema Hidráulico</i> .....	130
<i>Elementos que componen el sistema de la Perforadora</i> .....	130
<i>Circuito del sistema.</i> .....	130
<i>Pruebas</i> .....	132
<i>Análisis de resultados de la Perforadora Hidráulica</i> .....	135
<b>Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	136
<b>Conclusiones</b> .....	136
<b>Recomendaciones</b> .....	138
<b>Bibliografía</b> .....	139
<b>Anexos</b> .....	145



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Diagrama de un sistema hidráulico básico</i>	32
<b>Figura 2</b>	<i>Valores de presión atmosférica</i>	32
<b>Figura 3</b>	<i>Bomba de engranajes</i>	34
<b>Figura 4</b>	<i>Cilindros Hidráulicos</i>	35
<b>Figura 5</b>	<i>Cilindro de simple efecto</i>	35
<b>Figura 6</b>	<i>Cilindro de doble efecto</i>	36
<b>Figura 7</b>	<i>Símbolo de la válvula check</i>	37
<b>Figura 8</b>	<i>Símbolo de la válvula pilotada Check</i>	37
<b>Figura 9</b>	<i>Símbolo de la válvula reguladora de Flujo</i>	38
<b>Figura 10</b>	<i>Símbolo de la válvula reguladora de presión</i>	38
<b>Figura 11</b>	<i>Símbolo de la válvula solenoide 4/2</i>	40
<b>Figura 12</b>	<i>Símbolo de la válvula solenoide 4/3</i>	40
<b>Figura 13</b>	<i>Actualización hidráulica en la fábrica automotriz</i>	42
<b>Figura 14</b>	<i>Maquinaria Electromecánica, Prensa hidráulica para bloques</i>	43
<b>Figura 15</b>	<i>Máquina de soldadura automática de control CNC 5</i>	44
<b>Figura 16</b>	<i>Inyectores hidráulicos, Turbina Pelton vertical</i>	45
<b>Figura 17</b>	<i>Dirección hidráulica asistida</i>	46
<b>Figura 18</b>	<i>Automatización hidráulica proporcional</i>	47
<b>Figura 19</b>	<i>Sistema de suspensión hidráulica (maquinaria pesada)</i>	48
<b>Figura 20</b>	<i>PLC Simatic S7-1200</i>	49
<b>Figura 21</b>	<i>Tipos de señales</i>	50
<b>Figura 22</b>	<i>Arquitectura de una red de control industrial</i>	54
<b>Figura 23</b>	<i>Técnicas de mantenimiento utilizadas en RCM</i>	59
<b>Figura 24</b>	<i>Puntos base de un plan de Mantenimiento</i>	61
<b>Figura 25</b>	<i>Diagrama de trabajo de los objetivos</i>	65

<b>Figura 26</b>	<i>Flujograma del desarrollo e implementación</i>	66
<b>Figura 27</b>	<i>Bomba hidráulica</i>	67
<b>Figura 28</b>	<i>Caja del circuito de control de la bomba</i>	68
<b>Figura 29</b>	<i>Manómetros del modulo</i>	68
<b>Figura 30</b>	<i>Caja adecuada para el circuito de control de la bomba</i>	70
<b>Figura 31</b>	<i>Placa base del módulo de las válvulas</i>	72
<b>Figura 32</b>	<i>Placa base de las electroválvulas</i>	73
<b>Figura 33</b>	<i>Placa base del PLC</i>	74
<b>Figura 34</b>	<i>Módulo de las válvulas</i>	76
<b>Figura 35</b>	<i>Módulo de las Electroválvulas</i>	77
<b>Figura 36</b>	<i>Módulo del PLC S7 1214C DC/DC/DC</i>	77
<b>Figura 37</b>	<i>Módulo Hidráulico Universal</i>	79
<b>Figura 38</b>	<i>Módulo Hidráulico Universal - bomba hidráulica</i>	80
<b>Figura 39</b>	<i>Flujograma de la programación de los sistemas</i>	86
<b>Figura 40</b>	<i>Sistema hidráulico 1 (Recolector)</i>	87
<b>Figura 41</b>	<i>HMI Secuencia del Sistema Recolector</i>	88
<b>Figura 42</b>	<i>Circuito hidráulico del Recolector</i>	89
<b>Figura 43</b>	<i>Circuito en funcionamiento (A+)</i>	90
<b>Figura 44</b>	<i>Circuito en funcionamiento (B+)</i>	90
<b>Figura 45</b>	<i>Circuito en funcionamiento (A-)</i>	91
<b>Figura 46</b>	<i>Circuito en funcionamiento (B-)</i>	91
<b>Figura 47</b>	<i>Secuencia del Sistema Recolector Hidráulico</i>	92
<b>Figura 48</b>	<i>Diagrama Espacio - Fase Circuito 1</i>	92
<b>Figura 49</b>	<i>Diagrama Grafcet del Circuito 1</i>	93
<b>Figura 50</b>	<i>Programación para la secuencia A+</i>	94
<b>Figura 51</b>	<i>Programación para la secuencia B+ y B-</i>	94

<b>Figura 52</b> <i>Programación para la secuencia A-</i> .....	95
<b>Figura 53</b> <i>HMI Proceso del Sistema del Recolector</i> .....	95
<b>Figura 54</b> <i>Sistema hidráulico 2 (Perforadora)</i> .....	96
<b>Figura 55</b> <i>HMI Secuencia del Sistema Perforadora</i> .....	97
<b>Figura 56</b> <i>Circuito hidráulico de la Perforadora</i> .....	98
<b>Figura 57</b> <i>Circuito en funcionamiento (Giro_ON)</i> .....	99
<b>Figura 58</b> <i>Circuito en funcionamiento (A+)</i> .....	99
<b>Figura 59</b> <i>Circuito en funcionamiento (Giro_OFF y A+)</i> .....	100
<b>Figura 60</b> <i>Secuencia del Sistema Perforadora Hidráulico</i> .....	100
<b>Figura 61</b> <i>Diagrama Espacio - Fase Circuito 2</i> .....	101
<b>Figura 62</b> <i>Diagrama Grafcet del Circuito 2</i> .....	102
<b>Figura 63</b> <i>Programación para el giro de la Perforadora</i> .....	103
<b>Figura 64</b> <i>Programación para el accionamiento A+</i> .....	103
<b>Figura 65</b> <i>Programación para apagar el Giro de la Perforadora</i> .....	103
<b>Figura 66</b> <i>Programación para el accionamiento A-</i> .....	104
<b>Figura 67</b> <i>HMI Proceso del Sistema de la Perforadora</i> .....	104
<b>Figura 68</b> <i>Sistema SCADA de los procesos hidráulicos</i> .....	105
<b>Figura 69</b> <i>Enviar de datos desde el servidor hacia el cliente (PROFINET)</i> .....	107
<b>Figura 70</b> <i>PROFINET – TSEND (SERVER)</i> .....	107
<b>Figura 71</b> <i>Enviar de datos desde el cliente hacia el servidor (PROFINET)</i> .....	109
<b>Figura 72</b> <i>PROFINET – TRCV (Client) Perforadora – Recolector</i> .....	109
<b>Figura 73</b> <i>HMI del protocolo de comunicación PROFINET</i> .....	111
<b>Figura 74</b> <i>APP Smart - Client</i> .....	111
<b>Figura 75</b> <i>New Sm@rt_server Connection</i> .....	112
<b>Figura 76</b> <i>HMI del Sistema Hidráulico General</i> .....	113
<b>Figura 77</b> <i>Control remoto y Sistema SCADA de los Procesos Hidráulicos</i> .....	113

<b>Figura 78</b> <i>Circuito de Control Eléctrico del Sistema</i> .....	115
<b>Figura 79</b> <i>Conexión eléctrica de la bomba hidráulica</i> .....	116
<b>Figura 80</b> <i>Bomba hidráulica - Sistema de Alimentación</i> .....	118
<b>Figura 81</b> <i>Circuito hidráulico - Pruebas mecánicas</i> .....	119
<b>Figura 82</b> <i>Inspección visual del módulo hidráulico luego de su uso</i> .....	119
<b>Figura 83</b> <i>Proceso de Automatización Hidráulica</i> .....	121
<b>Figura 84</b> <i>Recolector Hidráulico de Basura</i> .....	123
<b>Figura 85</b> <i>Diagrama Hidráulico de fuerza del recolector</i> .....	124
<b>Figura 86</b> <i>Diagrama de Control del Recolector</i> .....	125
<b>Figura 87</b> <i>Perforadora hidráulica</i> .....	129
<b>Figura 88</b> <i>Diagrama Hidráulico de fuerza de la perforadora</i> .....	130
<b>Figura 89</b> <i>Diagrama de Control de la perforadora hidráulica</i> .....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Equipos utilizados con fluidos hidráulicos.....</i>	<b>33</b>
<b>Tabla 2</b>	<i>Etapas del Mantenimiento.....</i>	<b>58</b>
<b>Tabla 3</b>	<i>Tipos de Mantenimientos (Tradicional - RCM).....</i>	<b>60</b>
<b>Tabla 4</b>	<i>Principios de mantenimiento RCM.....</i>	<b>63</b>
<b>Tabla 5</b>	<i>Modo de fallas basadas en RCM.....</i>	<b>64</b>
<b>Tabla 6</b>	<i>Estado de las válvulas.....</i>	<b>69</b>
<b>Tabla 7</b>	<i>Válvulas disponibles en el mercado.....</i>	<b>71</b>
<b>Tabla 8</b>	<i>Matriz morfológica para la estructura de la base de las placas.....</i>	<b>75</b>
<b>Tabla 9</b>	<i>Matriz morfológica para la bomba hidráulica.....</i>	<b>78</b>
<b>Tabla 10</b>	<i>Funciones operacionales aplicado al módulo hidráulico.....</i>	<b>81</b>
<b>Tabla 11</b>	<i>Fallos funcionales aplicado al módulo hidráulico.....</i>	<b>82</b>
<b>Tabla 12</b>	<i>Modos de fallo aplicado al módulo hidráulico.....</i>	<b>83</b>
<b>Tabla 13</b>	<i>Tareas proactivas aplicado al módulo hidráulico.....</i>	<b>84</b>
<b>Tabla 14</b>	<i>Señales enviadas desde el server (S7 1500).....</i>	<b>108</b>
<b>Tabla 15</b>	<i>Señales enviadas desde el Client (S7 1200).....</i>	<b>110</b>
<b>Tabla 16</b>	<i>Pruebas Eléctricas aplicadas al Módulo Hidráulico.....</i>	<b>114</b>
<b>Tabla 17</b>	<i>Pruebas Mecánicas aplicadas al Módulo Hidráulico.....</i>	<b>117</b>
<b>Tabla 18</b>	<i>Pruebas de comunicación dentro del programa.....</i>	<b>120</b>
<b>Tabla 19</b>	<i>Datos de la prueba 1 del recolector hidráulico.....</i>	<b>126</b>
<b>Tabla 20</b>	<i>Datos de la prueba 2 del recolector hidráulico.....</i>	<b>127</b>
<b>Tabla 21</b>	<i>Datos de la prueba 3 del recolector hidráulico.....</i>	<b>128</b>
<b>Tabla 22</b>	<i>Datos de la prueba 1 de la perforadora hidráulica.....</i>	<b>132</b>
<b>Tabla 23</b>	<i>Datos de la prueba 2 de la perforadora hidráulica.....</i>	<b>133</b>
<b>Tabla 24</b>	<i>Datos de la prueba 3 de la perforadora hidráulica.....</i>	<b>134</b>

## Resumen

Este proyecto tiene como objetivo actualizar elementos hidráulicos y electrohidráulicos, así como también la tecnología mediante una red de comunicación industrial PROFINET, con el fin de automatizar los elementos hidráulicos, dando a conocer el avance tecnológico industrial avanzado de una manera practica elemental. Para ello se pone en ejecución el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) hacia el módulo Electrohidráulico N°2 Degem Systems, para asegurarnos el correcto funcionamiento y vida útil de cada uno de los elementos pertenecientes a dicho módulo. Se diseñaron guías y prácticas de laboratorio mediante programas tanto hidráulicos como de control, para la automatización de los elementos electrohidráulicos, dando paso a la siguiente fase, el cual procede a configurar el protocolo de comunicación industrial PROFINET entre los módulos Electrohidráulicos N°1 y N°2 del laboratorio, mediante la contribución del PLC (S7-1200 – 1212C - DC/DC/DC). Finalmente, el control local se lo realiza mediante una pantalla Táctil HMI Siemens (SIMATIC HMI TP 700) con el fin de visualizar dicho proceso de automatización. Y con la ayuda de la App Smart Client se realiza el control remoto desde un dispositivo móvil, validando la operación de 2 procesos electrohidráulicos centralizados, brindando fiabilidad en el funcionamiento los mismos. Afirmando la importancia de la actualización tecnológica de los módulos hidráulicos, enfocados en la mejora continua del proceso enseñanza aprendizaje, que Universidades y Centros de Educación Superior siempre deben estar vigilantes para garantizar una educación de calidad, acorde a los avances tecnológicos y exigencias del sector industrial.

*Palabras clave:* electrohidráulica, comunicación industrial, PROFINET, mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), Smart client, HMI TP 700.

### **Abstract**

This project aims to update hydraulic and electrohydraulic elements, as well as technology through a PROFINET industrial communication network, in order to automate hydraulic elements, making known advanced industrial technological progress in an elementary practical way. For this, reliability-based maintenance (RCM) is implemented towards the N°2 Degem Systems Electrohydraulic module, to ensure the correct functioning and useful life of each of the elements belonging to said module. Guides and laboratory practices are designed through both hydraulic and control programs, for the automation of the electrohydraulic elements, giving way to the next phase, which proceeds to configure the PROFINET industrial communication protocol between the Electrohydraulic modules N°1 and N °2 from the laboratory, through the contribution of the PLC (S7-1200 – 1212C - DC/DC/DC). Finally, local control is carried out using a Siemens HMI Touch screen (SIMATIC HMI TP 700) in order to visualize said automation process. And with the help of the Smart Client App, remote control is carried out from a mobile device; validating the operation of 2 centralized electrohydraulic processes, providing reliability in their operation. Affirming the importance of technological updating of hydraulic modules, focused on the continuous improvement of the teaching-learning process, that Universities and Higher Education Centers must always be vigilant to guarantee quality education, in accordance with technological advances and demands of the sector. industrial.

*Keywords:* electrohydraulics, industrial communication, PROFINET, reliability-based maintenance (RCM), Smart client, HMI TP 700.

## Capítulo I

### Problemática

#### Antecedentes

Los sistemas hidráulicos tienen un papel fundamental para el desarrollo de numerosas industrias por lo que es imperativo el conocimiento y dominio de estos sistemas para la formación de ingenieros y técnicos altamente calificados, haciendo evidente el enfoque esencial al uso de módulos didácticos que complementen los conocimientos de manera eficiente. De ahí que la actualización del módulo para adiestramiento en sistemas hidráulicos DEGEM - HYD 2000 es necesaria ya que son herramientas de suma utilidad en la formación universitaria al proporcionar conocimientos prácticos a los estudiantes

Estos equipos diseñados para simular y enseñar los principios de funcionamiento de los sistemas hidráulicos permiten adquirir habilidades prácticas, además de una mejor comprensión del comportamiento de los diferentes fluidos para el control de válvulas, la operación, así como de componentes hidráulicos conjuntamente con la implementación de redes de comunicación industrial avanzada para el análisis de las variables en los diferentes procesos (Zapata Guarín & Chica Sepulveda, 2010).

Los módulos existentes DEGEM - HYD 2000 en el laboratorio de hidrónica y neutrónica han sido valiosos en la enseñanza de sistemas hidráulicos sin embargo se han identificado limitaciones que podrían mejorarse en beneficio de la experiencia educativa de los estudiantes ya que actualmente, la tecnología en sistemas hidráulicos ha experimentado avances significativos, lo que nos lleva a considerar la actualización de los módulos con la finalidad de alcanzar conocimientos actuales del desarrollo industrial. “Algunas de las necesidades identificadas incluyen una mayor integración de la tecnología digital en los módulos hidráulicos, la incorporación de componentes de sistemas hidráulicos más modernos y una mayor flexibilidad en la configuración de las prácticas” (Arias Toapanta, 2013).



## Planteamiento del problema

El laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga es un eje fundamental en la formación académica de diversas Carreras Técnicas ya que durante dos décadas a brindando valores académicos, siendo reconocido a nivel nacional en el ámbito de docencia como en investigación como un laboratorio de alto nivel. A pesar de su constante funcionamiento y un adecuado programa de mantenimiento, los equipos con características hidráulicas y electrónicas en el laboratorio han sufrido deterioro y presentan una notable desactualización tecnológica por lo que se plantea un desafío significativo, ya que los equipos y accesorios, especialmente los accionamientos hidráulicos y eléctricos, han sido fundamentales en el conocimiento y formación de numerosos profesionales por lo que es prioritario la actualización tecnológica del módulo Electrohidráulico N °2 Degem Systems, para el Laboratorio de hidrónica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara, ya que en la industria moderna, la tecnología avanza rápidamente y la falta de actualización de dicho modulo puede afectar la calidad de la formación, limitando el desarrollo de fundamentos y aplicaciones electrohidráulicas básicas como avanzadas, consideradas técnicas de automatización sumamente demandadas por la industria actual por lo tanto, el problema principal que se plantea en este proyecto recae en la necesidad de realizar una actualización tecnológica integral en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.

Esta actualización permitirá garantizar la formación práctica con equipos y tecnologías de vanguardia, alineadas con las nuevas tendencias y demandas de la industria moderna. La implementación de esta actualización tecnológica asegurará que los estudiantes obtengan una formación de calidad y puedan adquirir los conocimientos y habilidades necesarias para enfrentar los desafíos en el campo de la hidráulica y electrónica, así como en las áreas relacionadas con la automatización.

### **Descripción resumida del proyecto**

El presente proyecto tiene como objetivo llevar a cabo una actualización tecnológica integral en el Módulo Electrohidráulico N° 2 Degem Systems, ubicado en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara. Ya que es una herramienta clave en la formación académica de estudiantes de diferentes carreras técnicas por lo que el proyecto contempla la actualización y mantenimiento de dicho modulo, lo que implica el reemplazo de componentes desgastados mediante el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y la incorporación de tecnología moderna como es el la Automatización utilizando protocolos de comunicación industrial, como es el caso de la comunicación PROFINET, De la misma manera la intención de expandir las capacidades del módulo mediante la incorporación de nuevos componentes, lo que permitirá a los estudiantes experimentar con aplicaciones innovadoras.

Además de la actualización tecnológica y la adición de nuevos módulos, el proyecto propone la implementación de una red de comunicación industrial que conecte el Módulo Electrohidráulico N° 2 Degem Systems con otros equipos y sistemas, permitiendo la interacción y control centralizado de los componentes hidráulicos además de buscar y mejorar significativamente la calidad de la formación académica y experimental ofrecida en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica, asegurando que los estudiantes adquieran conocimientos actualizados y relevantes en el campo de la hidráulica y electrónica.

El desarrollo de dicho proyecto se lo llevará a cabo mediante etapas de tareas planteadas en los objetivos, con el fin de seguir un plan de trabajo, resaltando la organización tanto de tareas como tiempos establecidos dentro del horario académico, a fin de alcanzar la eficiencia en el proceso de desarrollo del presente proyecto, reduciendo así las probabilidades de retrasos o inconvenientes durante el progreso de determinadas actividades funcionales.

La primera etapa radica en el mantenimiento y reposición de dispositivos de accionamiento hidráulico, control de flujo y presión. Para este fin nos respaldamos del Mantenimiento RCM, mismo que nos ayudará a clasificar los elementos en mal estado sin solución a reparación y elementos en mal estado con solución a ser reparado de ser el caso. De la misma manera se procede a verificar y realizar calibraciones aplicadas directamente a los elementos hidráulicos de control de flujo y presión. Esto con el propósito de asegurar que el mantenimiento se realice de manera óptima para garantizar la confiabilidad, la disponibilidad operativa y la seguridad de los elementos hidráulicos y electrohidráulicos de dicho modulo.

La segunda etapa hace énfasis a la implementación de válvulas direccionales hidráulicas, manuales y eléctricas, con la finalidad de desarrollar prácticas de laboratorio haciendo uso de las funciones que presentan dichos elementos hidráulico, y evidenciar la importancia de los mismos, dentro de las áreas industriales con diferentes avances tecnológicos, mediante tareas y circuitos orientados a las instalaciones hidráulicas.

La tercera etapa se enfoca en el diseño y construcción de un módulo de automatización industrial añadiendo un protocolo de comunicación. El cual con ayuda de herramientas de diseño mecánico (SOLIDWORKS), se procede a realizar el esquema de la placa en donde será implementado el Controlador Lógico Programable (PLC) con su respectiva conectividad tanto de entradas como de salidas, considerando una distribución adecuada y organizada de los elementos a intervenir en dicha placa.

Finalmente se procederá a la programación y validación de la interfaz y el protocolo de comunicación PROFINET, para la conectividad del controlador con los sistemas hidráulicos entre los módulos Electrohidráulicos Degem Systems N°1 y N°2 del laboratorio.

### **Justificación, Importancia y Alcance**

La justificación de este proyecto radica en la necesidad imperante de actualizar y mejorar el Módulo Electrohidráulico N° 2 Degem Systems en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, dado que este mismo ha sido una pieza fundamental en la formación de estudiantes de carreras técnicas durante varios años, su desgaste y desactualización tecnológica representan una limitación significativa para brindar una educación de calidad y relevante en el campo de la hidráulica y electrónica, por lo que centra en la necesidad de garantizar que los estudiantes tengan acceso a equipos y tecnologías modernas que les permitan adquirir habilidades y conocimientos acordes con las demandas actuales de la industria.

La importancia de este proyecto radica en su capacidad para elevar la calidad de la formación académica y experimental en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica. Mediante la actualización tecnológica del Módulo Electrohidráulico N° 2 Degem Systems, la incorporación de nuevos módulos con válvulas electrohidráulicas y la implementación de protocolos de comunicación industrial basados en TCP/IP, los estudiantes podrán experimentar con aplicaciones más avanzadas y complejas, lo que enriquecerá su aprendizaje y los preparará para enfrentar los desafíos de la industria moderna. Además, la implementación de una red de comunicación industrial permitirá una interacción más eficiente y un control centralizado de los componentes hidráulicos, potenciando la experiencia educativa.

El alcance de este proyecto incluye la actualización y mantenimiento integral del Módulo Electrohidráulico N° 2 Degem Systems, lo que implica el reemplazo de componentes desgastados, la integración de tecnología de dispositivos de última generación. Asimismo, se contempla la incorporación de nuevos módulos con válvulas electrohidráulicas, ampliando las capacidades del módulo y brindando a los estudiantes una formación más completa y actualizada en el campo de la hidráulica y electrónica. La implementación de una red de

comunicación industrial permitirá la interconexión y el control eficiente de los componentes hidráulicos, mejorando la experiencia de aprendizaje en el laboratorio.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Actualizar de manera tecnológica el módulo Electrohidráulico N °2 Degem Systems, e implementar una red de comunicación industrial PROFINET para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara.

### ***Objetivo Específicos***

- Realizar el mantenimiento y reposición de dispositivos de accionamiento hidráulico, control de flujo y presión.
- Implementar válvulas direccionales hidráulicas, manuales y eléctricas.
- Diseñar y construir un módulo de automatización industrial con comunicación Ethernet industrial.

## **Metodología**

Para llevar a cabo el avance del proyecto enfocado en la actualización tecnológica del módulo Electrohidráulico N °2 Degem Systems, e implementación de una red de comunicación industrial PROFINET para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara, se hará uso de las siguientes metodologías en donde detallaremos a continuación:

**Método Investigativo**

Se implantará una fundamentación teórica, misma que se encargará de especificar todos los conceptos científicos de los elementos que comprenden el trabajo, así como también sus características y modos de operación; debidamente actualizados.

**Método Analítico**

Se empleará el diseño e implementación de los respectivos elementos electrohidráulicos, considerando las determinadas características de cada uno de los elementos, así como también un enfoque de nuevas tecnologías a implementar en un futuro.

**Hipótesis**

¿Es posible mejorar y potenciar la capacidad de aprendizaje ligados al área de automatización industrial, mediante equipos y actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la UFA ESPE sede General Guillermo Rodríguez Lara?

**Variable independiente**

Equipos y actualización tecnológica de los módulos electrohidráulicos Degem Systems, en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la UFA ESPE sede General Guillermo Rodríguez Lara.

**Variables dependientes**

Mejorar y potenciar la capacidad de aprendizaje ligados al área de automatización industrial.

## **Capítulo II**

### **Fundamento Teórico**

#### **Fundamentos de la Tecnología Electrohidráulica.**

La hidráulica es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos específicamente estudia el comportamiento de los fluidos a presión para generar fuerzas y movimientos con los que los fluidos pueden generar fuerzas muy grandes, lo que los hace ideales para aplicaciones de potencia (López & Bajaña, 2016).

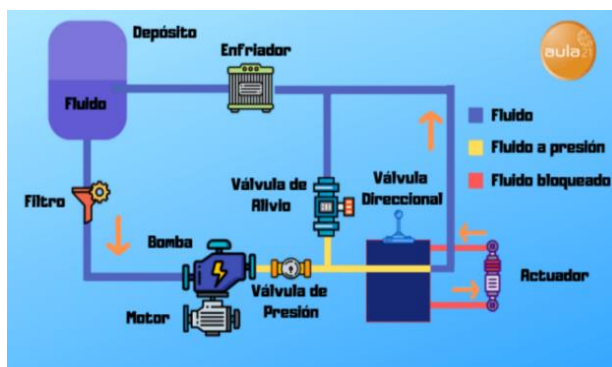
Para la comprensión de lo que significa la electrohidráulica debemos precisar los conceptos de hidráulica y electrónica que se unen con la finalidad de obtener una eficiencia energética por medio de controles precisos y respuestas rápidas ya que es esencial para la automatización industrial ganando versatilidad en procesos que incluyen actuadores hidráulicos, válvulas y sensores.

Para la mayoría de los sistemas hidráulicos, independientemente de su aplicación y sus componentes se cumple principios de funcionamiento ya que se comienza con una potencia mecánica en forma de flecha rotatoria que luego convierte en potencia hidráulica en los actuadores hidráulicos y así dirige el flujo hacia válvulas de control que convierte en potencia mecánica nuevamente con la ventaja de regular, dirigir y fraccionar la presión hidrostática (Muncie, 2016).

Como se puede observar en la Figura 1 el fluido se centra por todo el sistema, pero el actuador permite que el fluido este bloqueado en cierto tramo produciendo que por fuerza del motor y a través de la válvula de presión el fluido tenga una presión de trabajo.

**Figura 1**

Diagrama de un sistema hidráulico básico



*Nota.* La presión hidráulica se basa en el principio de Pascal. Tomado de (Centro de formación técnica para industria, 2019).

La presión atmosférica es importante porque lleva el fluido desde el depósito hasta la entrada del actuador y esta se ejerce sobre el fluido dentro del sistema. La presión de sistema en neutro es importante para proteger los componentes del sistema contra daños ya que, si la presión del sistema cae por debajo de un cierto nivel, los componentes pueden sufrir daños mecánicos por exceso de presión, en la Figura 2 se observa los parámetros. (Muncie, 2016).

**Figura 2**

Valores de presión atmosférica

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR, EN PIES	LECTURA DEL BARÓMETRO EN PULGADAS DE MERCURIO (HG)	PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA (BAR)
0	29.92	14.7 (1.01130)
1,000	28.8	14.2 (0.97344)
2,000	27.7	13.6 (0.93626)
3,000	26.7	13.1 (0.90246)
4,000	25.7	12.6 (0.86866)
5,000	24.7	12.1 (0.83486)
6,000	23.8	11.7 (0.80444)
7,000	22.9	11.2 (0.77402)
8,000	22.1	10.8 (0.74698)
9,000	21.2	10.4 (0.71656)
10,000	20.4	10.0 (0.68952)

*Nota.* En la tabla se presenta parámetros de la presión atmosférica. (Tomado de Muncie, 2016).



### **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 (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Equipos utilizados con fluidos hidráulicos*

<b>Equipos</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
Aspiración de bombas	0,6 – 1,2
Caudal de impulsión	2 – 5
Caudal de retorno	1,5 – 4
Aplicaciones generales	4

*Nota.* La tabla presenta parámetros de equipos / activos con la velocidad de los fluidos hidráulicos utilizados. Tomado de (Direct Industry, 2021).

### **Elementos hidráulicos**

En base a los sistemas electrohidráulicos es muy importante el concepto de transmisión de energía mediante la utilización de fluidos por lo cual se utiliza dispositivos mecánicos como eléctricos que desempeñan funciones cruciales de control de fuerzas, un sistema es la unión de actuadores hidráulicos como bombas, válvulas, sensores y conexiones debidamente calibradas para un análisis detallado conjuntamente se integran programadores lógicos programables con la finalidad de facilitar el manejo de variables controlables como por ejemplo flujo y presión (Festo, 2013).

## **Actuadores hidráulicos**

### ***Bombas hidráulicas***

La Figura 3 ilustra el principal componente que es la bomba hidráulica, ya que se encarga de generar la presión necesaria en los sistemas hidráulicos proporcionando el impulso inicial en el sistema donde transporta el fluido por conexiones hasta los cilindros hidráulicos que son controlados por válvulas.

### **Figura 3**

#### ***Bomba de engranajes***



*Nota.* La figura muestra la aplicabilidad de estas bombas, mediante el principio de desplazamiento positivo, los engranajes giran en una carcasa cerrada provocando que los dientes de los engranajes se interconecten en el lado de entrada de la bomba y así crean una cámara de succión. Tomado de (Cramix S.A, 2018).

### ***Cilindros hidráulicos***

Estos actuadores son ampliamente utilizados en la industria por su operación ya que aprovechan la energía del circuito o instalación hidráulica de forma mecánica generando movimientos lineales estos pueden ser de simple efecto, doble efecto y telescópicos, donde se puede observar en la Figura 4.

## Figura 4

### *Cilindros Hidráulicos*



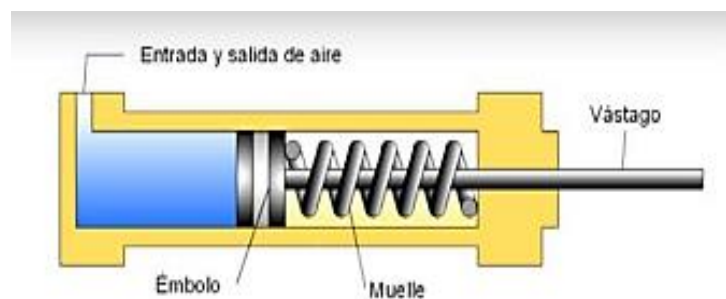
*Nota.* Se puede observar la estructura interna de cilindros de simple a la izquierda y doble efecto a la derecha. Tomado de (Creus, 2010).

### ***Cilindros de Simple Efecto.***

Estos cilindros hidráulicos como se muestra en la Figura 5, trabajan en un solo sentido, el fluido a presión entra a la cámara del embolo provocando una fuerza haciendo recorrer el vástago a su final de carrera.

## Figura 5

### *Cilindro de simple efecto*



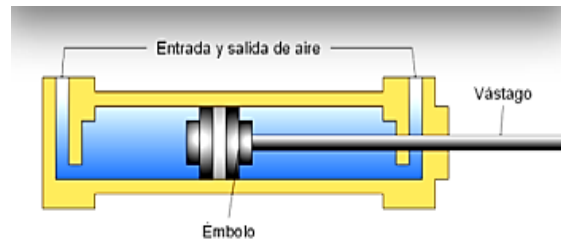
*Nota.* Tomada de (Jarquín & Aguirre, 2018).

### **Cilindros de doble efecto**

A diferencia de los cilindros de simple efectos, los cilindros de doble efecto (Figura 6) estos pueden trabajar en ambos sentidos, el fluido entra a la cámara del embolo actuando sobre la superficie sin embargo hay resistencias internas que crean otra presión y al avanzar el cilindro se debe tener en cuenta que el fluido ubicado del lado del vástago necesariamente tiene que descargar por los conductos hacia el depósito, en el retroceso el flujo es desplazado de la cámara del lado del embolo (Jarquín & Aguirre, 2018).

### **Figura 6**

*Cilindro de doble efecto*



*Nota.* Tomada de (Jarquín & Aguirre, 2018).

### **Sistemas de accionamiento**

Una vez ingresado el fluido en el sistema electrohidráulico se necesita de elementos que regulen el flujo por lo que estos elementos mediante la apertura o cierre manual de componentes mecánicos o a su vez por señales recibidas en el caso de las válvulas eléctricas modulan tramos del sistema electrohidráulico (MOOG, 2010).

### **Válvulas hidráulicas mecánicas**

#### ***Válvula Check***

La válvula check o también llamada de retención cumple la función de permitir el flujo en una dirección y bloquear en dirección opuesta es decir evita que el fluido regrese con la finalidad de mantener la presión en el sistema. (Figura 7)

Estas válvulas están diseñadas para abrirse y permitir el flujo de fluido cuando la presión en el lado de entrada es mayor que la presión en el lado de salida. Cuando la presión en el lado de salida es mayor ocasiona que la válvula se cierre automáticamente (grupohidraulica, 20223).

### Figura 7

*Símbolo de la válvula check*



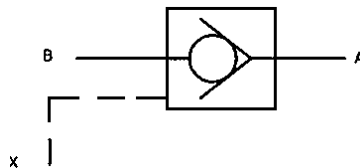
*Nota.* La imagen muestra el símbolo de una válvula check de bola. Tomado de (Jarquín & Aguirre, 2018).

### **Válvula Pilotada Check**

La válvula pilotada check a diferencia de la válvula check necesita de una señal que le consigne cumplir con la función de paso del flujo en una dirección, en este caso se le dice piloto por una pequeña válvula que se activa por la presión del fluido, su simbología se ejemplifica en la Figura 8.

### Figura 8

*Símbolo de la válvula pilotada Check*



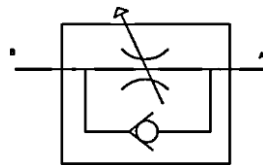
*Nota.* La línea piloto es una conexión adicional que se utiliza para aplicar presión o controlar la presión en la parte superior de la válvula check principal. Tomado de (Direct Industry, 2021).

### **Válvula reguladora de Flujo**

También conocidas como válvulas reguladoras de caudal (Figura 9) funciona mediante la regulación de la sección transversal del orificio a través del cual fluye el fluido. Su función principal es ajustar la velocidad o el caudal del fluido en un sistema, permitiendo un control preciso del flujo.

### **Figura 9**

*Símbolo de la válvula reguladora de Flujo*



*Nota.* La imagen ilustra la simbología de flujo / caudal. Tomado de (Muncie, 2016).

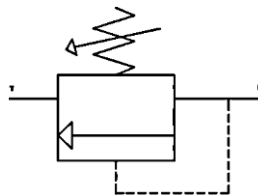
### **Válvula reguladora de presión**

Este tipo de válvulas se utilizan cuando se necesita que la presión del fluido se mantenga en un rango específico por medio de un mecanismo como por ejemplo un resorte, independientemente de las variaciones de presión de los actuadores hidráulicos (Figura 10).

Su función principal es regular la presión de salida del fluido hidráulico, asegurando que se mantenga constante independientemente de las variaciones en la presión de entrada (FESTO, 2013).

### **Figura 10**

*Símbolo de la válvula reguladora de presión*



*Nota.* La imagen ilustra la simbología de presión. Tomado de (Muncie, 2016).

### ***Válvulas solenoides***

Una válvula solenoide se define con un dispositivo electromecánico para controlar el flujo de fluidos a través de sistemas para el beneficio industrial debido a la capacidad para proporcionar un control preciso y dinámico.

El funcionamiento de una válvula solenoide se basa en el principio de atracción magnética. Cuando se le suministra corriente eléctrica a la bobina de la válvula solenoide, se crea un campo magnético que atrae el émbolo o pistón hacia el núcleo magnético, permitiendo el flujo del fluido. Cuando se interrumpe la corriente eléctrica, el campo magnético desaparece y un resorte interno empuja el émbolo o pistón hacia su posición original, cerrando el paso del fluido.

### ***Partes de una válvula solenoide***

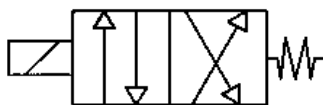
- **Bobina:** es un componente eléctrico que consiste en un alambre aislado enrollado de manera helicoidal la cual produce una inductancia que proporciona oposición al cambio de corriente eléctrica que circula por la misma (myelectronic, 2023).
- **Núcleo magnético:** se elabora con material ferromagnético con la finalidad de concentrar el campo magnético generado.
- **Embolo o pistón:** es la parte móvil de la válvula que se desplaza a través del cuerpo de la válvula con la finalidad de abrir o cerrar el paso del fluido.
- **Resorte:** este componente otorga la fuerza que mueve el embolo o pistón a su posición original.
- **Cuerpo de la válvula:** es la estructura que contienen los componentes antes mencionados además de proporcionar la conexión con el sistema hidráulico (Villareal, 2001).

### **Válvula solenoide 4/2**

Esta válvula solenoide indica que tiene 4 vías para el flujo del fluido y 2 posiciones diferentes (abierta y cerrada), las cuales se puede controlar el flujo del sistema hidráulico. El símbolo de esta válvula se muestra en la Figura 11.

#### **Figura 11**

*Símbolo de la válvula solenoide 4/2*



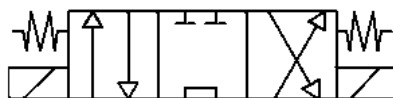
*Nota.* La imagen ilustra la simbología de la electroválvula solenoide 4/2. Tomado de (Muncie, 2016).

### **Válvula solenoide 4/3**

Esta válvula solenoide indica que tiene 4 vías para el flujo del fluido y 3 posiciones diferentes (abierta, cerrada, y reposo), las cuales se puede controlar el flujo del sistema hidráulico. En la Figura 12 se evidencia el símbolo de la válvula electrónica.

#### **Figura 12**

*Símbolo de la válvula solenoide 4/3*



*Nota.* La imagen ilustra la simbología de la electroválvula solenoide 4/3. Tomado de (Muncie, 2016).



### **Aplicaciones Industriales Hidráulicas.**

Las aplicaciones hidráulicas han experimentado notablemente una variedad en su desarrollo, consecuencia de las mejoras tecnológicas, como es la producción de componentes con mayor precisión y el uso de materiales de alta calidad, haciendo énfasis a la mejora continua.

Estos sistemas garantizan un rendimiento constante en diversas condiciones operativas, independientemente de los cambios de velocidad, entre otros. Los sistemas hidráulicos resaltan haciendo referencia a la seguridad y economía por utilizar cantidades menores de piezas móviles, a diferencia de sistemas mecánicos y eléctricos, simplificando determinados procesos, entre ellos se encuentra el proceso de mantenimiento.

Sus clasificaciones enfocadas a la ingeniería electromecánica ayuda a comprender de una mejor manera la integración de sistemas hidráulicos el cual se expone a continuación:

- Automatización industrial
- Maquinaria electromecánica
- Control de movimiento y posicionamiento
- Sistema de energía renovable
- Vehículos y equipos electromecánicos
- Sistemas de automatización y control
- Diseño de sistemas de control de vibraciones
- Sistemas de elevación y manipulación

### ***Automatización Industrial***

Considerando distintos puntos de vista sobre el concepto de la automatización industrial, Moreno (2012) menciona que la "automatización industrial" trata de un enfoque cuyo

objetivo es utilizar tecnologías y sistemas de automatización para controlar y gestionar procesos industriales (pág. 1).

La Figura 13 muestra los sistemas hidráulicos de manera específica, en donde muestra un rol fundamental dirigidos a un control de precisión y a su vez están orientados a rangos de fuerzas notables.

### Figura 13

*Actualización hidráulica en la fábrica automotriz.*



*Nota.* La fábrica automotriz en el proceso de ensamble mediante la aplicación de la automatización industrial hidráulica. Tomado de Grupo de (CTT, 2020).

Ejemplos:

- **Industria Automotriz:** se ejecutan los sistemas electrohidráulicos para controlar las prensas hidráulicas (CNC) en la fabricación de carrocerías de automóviles.
- **Producción de Papel:** para el control de la prensa y demás maquinarias hidráulicas, como también el secado en líneas de producción de papel.
- **Maquinaria CNC:** implementación de actuadores hidráulicos con sistemas de control eléctrico en máquinas CNC obteniendo movimientos precisos y rápidos.
- **Robótica Industrial:** incorporación de los actuadores hidráulicos en robots industriales con la finalidad de la manipulación y ensamblaje.

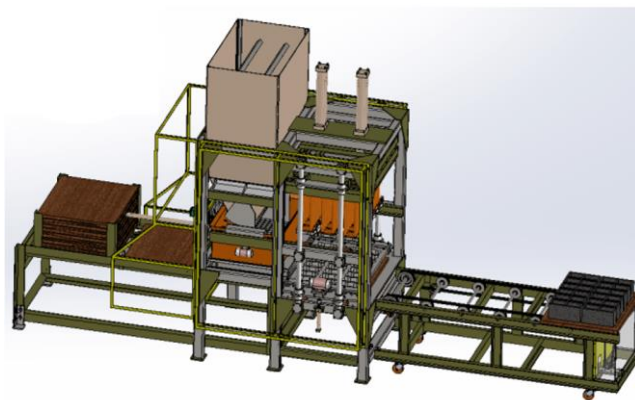
### ***Maquinaria Electromecánica***

Tras evaluar diversas interpretaciones con el propósito de conceptualizar “la maquinaria electromecánica hidráulica” los autores Pérez Sánchez & López Jimenez (2020), considera que es un mecanismo el cual es capaz de transformar energía. (pág. 23).

La Figura 14 muestra la maquinaria electromecánica (prensa hidráulica para bloques), como lleva a la par combinaciones ente elementos eléctricos y elementos mecánicos con sistemas hidráulicos, a fin de realizar funciones específicas.

#### **Figura 14**

*Maquinaria Electromecánica, Prensa hidráulica para bloques.*



*Nota.* Esta maquinaria se basa en el principio de Pascal estableciendo un cambio en la presión aplicada en un punto de un fluido líquido. Tomado del grupo de (CASEN, 2017).

Ejemplos:

- **En la industria de la construcción:** visualizamos en una grúa de construcción la integración de la hidráulica y componentes electromecánicos comandan el control.
- **En la industria agrícola:** en la excavadora se puede identificar la incorporación de sistemas hidráulicos en la parte de control para la parte del direccionamiento.

### **Control de Movimiento y Posicionamiento**

Según Aldás & Andaluz (2014) menciona que, un control de movimiento y posicionamiento con respecto al ámbito de una maquina hidráulica automatizada, busca lograr con precisión una ubicación coordinada de un dispositivo, parte o elemento móvil en un punto de referencia definido, ya sea con una orientación específica o sin ella (pág. 23).

En la Figura 15 se puede observar la aplicabilidad del control hidráulico radicando en su capacidad para ajustar de manera precisa y rápida. Esta funcionalidad no solo mejora la calidad, sino que también optimiza la eficiencia del proceso en su conjunto.

#### **Figura 15**

*Máquina de soldadura automática de control CNC 5*



*Nota.* El control hidráulico en la máquina de soldadura de varilla de pistón optimiza la precisión y estabilidad. Tomado del grupo de (Haoyu Automation, 2012).

Ejemplos:

- **En la industria metalúrgica:** dadas las condiciones, especialmente en tornos industriales se deben emplear sistemas hidráulicos, permitiendo posicionamientos exactos con rangos de tolerancias mínimas.
- **En la industria farmacéutica:** estos sistemas de control de posición son fundamentales para la fabricación de medicamentos en tabletas. Para este caso mencionaremos a una máquina de prensado de tabletas.

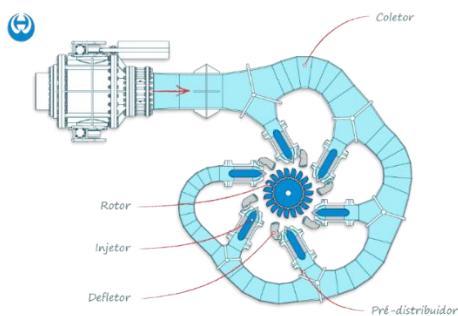
## **Sistema de Energía Renovable**

El sector de la energía renovable ha experimentado avances significativos en la fabricación de productos para aprovechar fuentes naturales como el sol, el viento y el agua, ya que son fundamentales para la fabricación de turbinas hidroeléctricas, al igual que en las turbinas eólicas. Se utilizan robots para producir piezas y sistemas, como son las compuertas hidráulicas aplicadas para regular el flujo de agua. (Ennomotive, 2023, pág. 3).

En la Figura 16 muestra la automatización aplicada en turbinas hidráulicas de como reduce la intervención manual del monitorea al controlar las válvulas de inyección, y al utilizar sistemas hidráulicos conectados a elementos como los actuadores.

### **Figura 16**

#### *Inyectores hidráulicos, Turbina Pelton vertical*



*Nota.* La aplicación de sistemas de control hidráulico en proyectos hidroeléctricos permite la optimización al trabajar y analizar los sistemas. Tomado de (Pilar, 2009).

Ejemplos:

- **Central hidroeléctrica:** para regular la apertura y cierre de las compuertas que controlan el flujo del agua hacia las turbinas de las instalaciones, este sistema eléctrico relaciona el sistema mecánico a través del control mencionado.

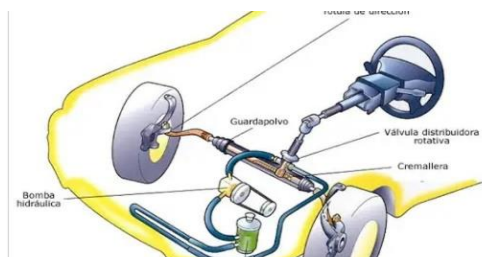
- **Energía eólica marina:** donde se procede a utilizar el control hidráulico llevada a cabo por la ingeniería electromecánica. A fin de aplicar sistemas hidráulicos consiguiendo ajustar la orientación de las palas de la turbina eólica.

### ***Vehículos y Equipos Electromecánicos***

La automatización hidráulica orientada a vehículos y equipos electromecánicos se enfoca en la investigación para lograr potenciar la eficiencia, precisión y control en diversas funciones mecánica, como se puede observar en la Figura 17 el comprometiéndose con la mejora continua en estas aplicaciones.

### **Figura 17**

#### *Dirección hidráulica asistida*



*Nota.* La dirección hidráulica asistida facilita el giro del volante de una manera segura y confortable, mediante de elementos electrohidráulicos. Tomado de (Muncie, 2016).

Ejemplos:

- **Dirección hidráulica asistida:** es una tecnología híbrida que combina elementos hidráulicos y electrónicos a fin de proporcionar un control de precisión.
- **Sistema de posición y el ángulo de giro:** los sensores de posición y giro estarán conectados a una unidad de control quien se encargará de ajustar automáticamente la presión hidráulica en los cilindros de dirección para mantener la trayectoria.

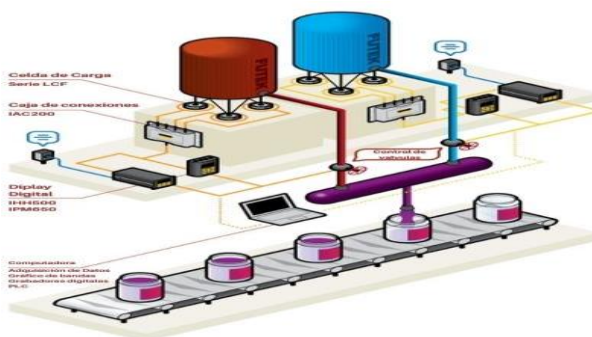
## Sistemas de Automatización y Control

Suhissa (2019) publica y menciona que, las industrias que están sujetas a la distribución de fluido implementan la automatización y control, a fin de obtener el monitoreo en tiempo real de los fluidos que circulan por el sistema (pág. 3).

En la Figura 18 se puede apreciar la importancia de la automatización hidráulica al proporcionar un control preciso y continuo del nivel de líquido, ya que es un aspecto fundamental en la industria química, procesamiento de alimentos, tratamiento de agua y otras.

### Figura 18

#### *Automatización hidráulica proporcional*



*Nota.* La automatización hidráulica ayuda al control preciso de nivel y mantener un rendimiento eficiente de una manera organizada y segura. Tomado del grupo Centro de (formación técnica para industria, 2019).

Ejemplos:

- **En la industria química:** La automatización hidráulica mediante tanques de nivel proporciona un control de los fluidos en la industria química.
- **Procesamiento de alimentos:** En la industria alimentaria, la automatización hidráulica puede proporcionar un control preciso de los líquidos, mejorando la consistencia y seguridad de los alimentos.

### **Diseño de Sistemas de Control de Vibraciones**

Es importante conocer que producen las vibraciones y que efectos conllevan en un sistema hidráulico, estas oscilaciones se producen por la circulación de un fluido a través de conductos en donde varían la velocidad según sea la función en la que es aplicada, produciendo cambios bruscos y alterando su comportamiento. (IKIN, 2021, pág. 2).

En la Figura 19 observamos como la hidráulica implementa sistemas de amortiguamiento, dejando de lado maquinarias y equipos electromecánicos.

#### **Figura 19**

*Sistema de suspensión hidráulica (maquinaria pesada)*



*Nota.* Este tipo de suspensión hidráulica está diseñada para absolver y reducir impactos producto de carreteras en mal estado. Tomado del grupo de (ADR Geplasmetal, S.A.U., 2021).

Ejemplos:

- *Automóvil con Suspensión Hidráulica:* en los automóviles ha mejorado la estabilidad y el confort de conducción con la implementación de amortiguadores hidráulicos que amortiguan las vibraciones en terrenos accidentados.
- *Maquinaria Industrial con Amortiguadores Hidráulicos:* En la industria, la maquinaria pesada utiliza amortiguadores hidráulicos para el control de vibraciones.



## Fundamentos de los controladores lógicos programables

Un controlador lógico programable (PLC) (Figura 20) se lo puede definir como una computadora industrial que se utiliza para la automatización de procesos industriales con la finalidad de controlar y monitorear variables en las maquinas involucradas en los diferentes procesos ya que permiten desarrollar de manera eficaz por medio de una secuencia de instrucciones programadas (GSL Industrias, 2021).

### Figura 20

*PLC Simatic S7-1200*



*Nota.* La figura muestra físicamente al PLC modelo Simatic S7-1200 Tomado de GSL Industrias, 2021.

### **Componentes básicos de un PLC**

Entre los componentes se destacan la fuente de alimentación, rack, memoria, módulo de entradas y salidas.

### **Unidad central de procesamiento**

Se lo puede mencionar como el cerebro del PLC, es el responsable de ejecutar el programa de control por medio de procesamiento de señales de entrada y toma de decisiones lógicas para controlar las salidas.

- **Memoria:** la función de la memoria es almacenar el conjunto de instrucciones denominado programa para el funcionamiento del PLC.
- **Módulo de entradas:** se le denomina entrada a los puntos de conexión donde el programador lógico programable recibe información del proceso por medio de señales que se utilizan para monitorear el estado de cada fase del proceso.
- **Módulo de Salidas:** se le denomina salidas a los puntos de conexión donde el PLC envía información del proceso por medio de señales de los actuadores para controlar los dispositivos del proceso de manera adecuada.

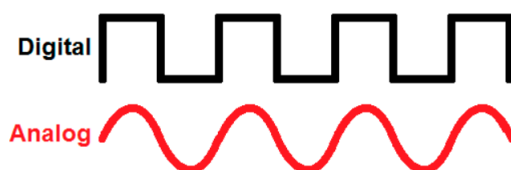
### ***Tipos de entradas y salidas***

- **Entradas y salidas analógicas:** estas señales pueden tomar cualquier valor dentro de un rango lo que quiere decir que representan medidas físicas que requieren una señal de control continua.
- **Entradas y salidas digitales:** estas señales solo pueden llegar a tomar valores de estados discretos de 0 o 1 que viene a ser la representación binaria donde 0 es bajo o apagado y 1 representa alto o encendido (García, 2015).

De manera gráfica en la Figura 21, se muestra el comportamiento de una señal análoga y digital.

### **Figura 21**

#### ***Tipos de señales***



*Nota.* La figura muestra el comportamiento de señales. Tomado de (García, 2015).

### ***Lenguajes de programación de PLC***

Se define como lenguaje de programación al sistema de comunicación entre el plc y el usuario por medio de caracteres y símbolos cumpliendo normas específicas de uso.

Se debe establecer ciertos parámetros para que la comunicación con el plc sea adecuada por lo que es necesario tener conocimiento de tipos de datos, tipo de lenguaje, diagrama de contactos entre lo más relevante.

### ***Tipos de datos***

En la programación es necesario establecer los datos y en que categoría pertenecen ya que depende de eso el almacenar y manipular correctamente los procesos por lo cual se debe identificar si son datos:

- **Booleano (bool):** este tipo de dato se lo puede representar con un valor lógico verdadero o falso.
- **Entero:** estos datos son representados por números enteros, (+ ó -).
- **Real:** los datos reales o conocidos como punto flotante representan a valores con números decimales es decir involucran valores con parte fraccionaria.
- **Carácter (Char):** representan un carácter alfanumérico es decir números, letras.
- **Cadena de caracteres:** este tipo de dato representa secuencias de caracteres usualmente se lo utiliza para almacenar textos.

### ***Unidades de Información***

- **Bit:** puede almacenar valores entre 0 a 1.
- **Byte:** puede almacenar valores de 0 a 255.
- **Word** puede almacenar valores de 0 a 65535.
- **Double Word:** puede almacenar valores de 0 a 4294967295.
- **Real:** almacena valores de coma flotante.

## **Protocolos de Comunicación Industrial PROFINET.**

En 2023 (Fernández, 2023) expone que:

“Los protocolos de red son un conjunto de directrices que rigen la comunicación entre dispositivos conectados a una red. Estas contienen instrucciones que permiten a los dispositivos identificarse y conectarse entre sí, así como aplicar reglas de formato para garantizar que los mensajes viajen de manera adecuada de principio a fin”. (p.1)

Estudiando la temática ¿Qué son las redes de comunicación industrial? Aula 21, (2019) afirma que “Las redes de comunicación industrial son fundamentales en la arquitectura de sistemas de automatización, al proporcionar un medio eficaz para el intercambio de datos, el control y la flexibilidad en la conexión de dispositivos” (p.1)

### ***Ventajas del Uso de Redes de Comunicación Industrial***

Tras la investigación realizada en 2019, AULA21 da a conocer las principales ventajas del uso de redes de comunicación industrial, que se detallan a continuación:

- Las redes de comunicación industrial ofrecen ventajas económicas y funcionales en comparación con el cableado tradicional.
- La comunicación interna de la oficina se basa en sistemas Ethernet TCP/IP, mientras que la tecnología de automatización utiliza varios sistemas de comunicación compatibles entre sí.
- Se observa un crecimiento significativo en el uso de Ethernet industrial y buses de campo, con un aumento en la adopción de protocolos como ModBus-TCP, EtherCat, EtherNet/IP, PROFINET, PROFIBUS, CC-Link y DeviceNet.
- Las redes industriales permiten la comunicación de grandes cantidades de datos con un número limitado de canales, (p.1)

### ***Características de Una Red de Comunicación Industrial***

Entre las principales características de una red de comunicación industrial se define las siguientes:

- La comunicación de datos implica la transferencia de información digital de un transmisor a un receptor a través de diversos medios de enlace, como alambre de cobre, cable coaxial o fibra óptica.
- Las redes industriales son especialmente diseñadas para manejar el control en tiempo real y la integridad de los datos en entornos industriales.
- Se utilizan diferentes mecanismos de control, como Controladores Lógicos Programables (PLC), Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) y Sistema de Control Distribuido (DCS), junto con instrumentos de campo, dispositivos inteligentes, PC de control y pantallas HMI.
- Las redes industriales proporcionan la interconexión entre dispositivos de campo, controladores y ordenadores, utilizando medios de transmisión por cable (par trenzado, coaxial, fibra óptica) o inalámbricos (ondas de radio).

### ***Arquitectura de Una Red de Comunicación Industrial***

La clasificación de las redes de comunicación industrial se estructura en tres niveles (Figura 22) principales según su funcionalidad:

#### ***Nivel de dispositivo***

Incluye dispositivos de campo como sensores y actuadores. La comunicación a este nivel se logra a menudo a través de métodos de comunicación serie punto a punto, como RS-232, RS-422 y RS-485, así como la tecnología de bus de campo, que permite el control distribuido entre varios dispositivos de campo inteligentes y controladores.

### ***Nivel de control***

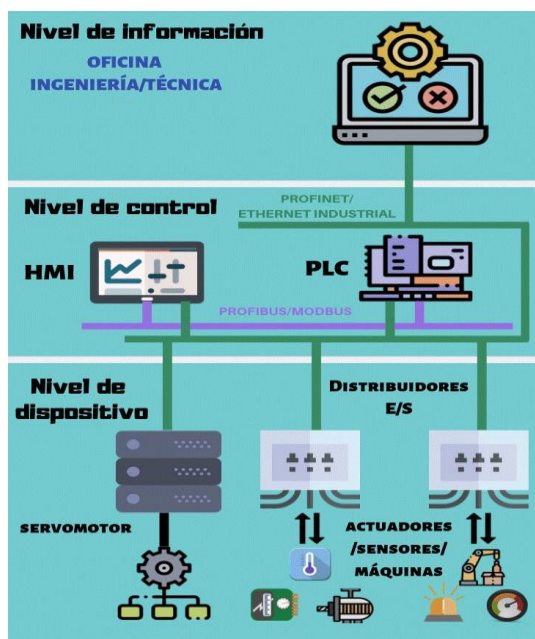
Este nivel abarca controladores industriales como PLC's y sistemas informáticos. Requiere características como tiempo de respuesta corto y transmisión a alta velocidad. Se utilizan redes de área local (LAN) y Ethernet con protocolo TCP/IP, así como algunos buses de campo, para lograr las características deseadas.

### ***Nivel de información***

Este nivel superior del sistema de automatización industrial recoge la información de niveles inferiores y maneja grandes volúmenes de datos que no son críticos en cuanto al tiempo. Cada nivel tiene sus propias características y tecnologías de red específicas que se adaptan a las necesidades de comunicación y control en entornos industriales (AULA21, 2019).

**Figura 22**

*Arquitectura de una red de control industrial*



*Nota.* El gráfico muestra el diagrama de conexión entre los niveles de arquitectura de una red de control industrial. Tomado de *Qué son las redes de comunicación industrial* (p. 1), por AULA21, 2019.

### ***Canales de Comunicación PROFINET***

PROFINET, un estándar Ethernet industrial abierto, es un protocolo de comunicaciones que facilita el intercambio de datos entre controladores y dispositivos de automatización. Con más de 25 millones de nodos instalados en 2018, PROFINE es uno de los estándares de Ethernet industrial más utilizados en todo el mundo.

Según Michael Bowne, 2020 afirma que:

“PROFINET puede utilizar TCP/IP para comunicarse con determinadas tareas en las que el tiempo no es crítico, como configuración, parametrización y diagnóstico. Cuando llega, el telegrama PROFINET RT Ethernet tiene PROFINET EtherType: 0x8892. Con EtherType, los telegramas se enrutan directamente a la aplicación PROFINET.”

### **Tendencias y Futuro de la Automatización Hidráulica.**

#### ***Controladores***

#### **Sistema de Control de Lazo Abierto**

El control de bucle abierto en sistemas hidráulicos automatizados presenta una característica importante: carece de señales de retroalimentación. Esto implica que este tipo de control es menos preciso y estable en comparación con el control de bucle cerrado. (Castaño, 2022).

#### ***Sistemas de Control de Lazo Cerrado***

Los sistemas de control de lazo cerrado administran procesos automatizados en múltiples industrias, emplean señales de retroalimentación para comparar los resultados previstos con los resultados reales y utilizan esta información para ajustar el proceso según sea necesario (Castaño, 2022).

### ***Control proporcional integral derivativo (pid)***

El Control Proporcional Integral Derivativo (PID) es una técnica ampliamente utilizada en sistemas de control para mantener una variable controlada en un valor deseado. El control PID combina tres componentes: el control proporcional, el control integral y el control derivativo.

- El control proporcional ajusta la salida del sistema en proporción al error entre la variable controlada y el valor deseado. Cuanto mayor sea el error, mayor será la corrección aplicada (Colecciones digitales UDLAP, 2009).
- El control integral integra el error a lo largo del tiempo y ajusta la salida del sistema en función de la acumulación de errores pasados. Esto ayuda a eliminar el error constante o de estado estacionario (Colecciones digitales UDLAP, 2009).
- El control derivativo considera la tasa de cambio del error y ajusta la salida del sistema en función de esta tasa de cambio. Ayuda a prevenir cambios bruscos en la variable controlada y mejora la estabilidad del sistema (Colecciones digitales UDLAP, 2009).

### **Estrategias de optimización del control y regulación**

#### ***Control de carga adaptativo***

Esto puede lograrse mediante el uso de sistemas de control de la bomba que monitorean y ajustan la velocidad y el caudal según las demandas del sistema.

#### ***Control de retroalimentación***

Utilizar sistemas de control que utilicen la retroalimentación de sensores para ajustar los parámetros del sistema hidráulico en tiempo real, esto puede incluir el uso de sistemas de control basados en la posición, la velocidad o la presión para optimizar el rendimiento y la eficiencia del sistema.



### ***Aplicación de APP en la automatización hidráulica***

La aplicación de la electrohidráulica conjuntamente a la aplicación de una app móvil puede tener diversas utilidades y funcionalidades realizando los procesos de manera más sencillo y eficaz además de obtener varias ventajas.

Estas herramientas podrían incluir la visualización de datos en tiempo real, análisis de tendencias, registro de eventos y generación de informes de mantenimiento.

Monitoreo y control remoto de una app móvil serviría para permitir monitorear y controlar sistemas electrohidráulicos de forma remota con la finalidad de supervisar el estado de los componentes, ajustar parámetros de funcionamiento. (Oliveras, 2015)

Una ventaja podría ser la capacitación y documentación ya que podría proporcionar recursos de para el personal encargado de la operación y mantenimiento de sistemas electrohidráulicos los cuales podrían incluir manuales, guías de referencia, videos instructivos y simuladores interactivos (Oliveras, 2015).

### ***Procesos Rotacionales en la Industria***

Los procesos rotacionales que abarca la industria implican una amplia variedad de aplicaciones. En el sector eléctrico el componente más importante de un sistema rotacional es el motor eléctrico, dentro de este es importante realizar el control de las variables eléctricas, tales como; la corriente eléctrica, el valor de tensión, la frecuencia, entre otros. En el sector industrial se puede encontrar procesos rotacionales como: el proceso manufactura, en bombas para circulación del flujo de agua, compresores usados para calefacción, adicionalmente se los puede encontrar en el procesamiento de materiales; incluidos molinos, tornos y rectificadoras, así como cintas transportadoras, elevadores o ascensores, puentes grúas (Ninabanda & Rea, 2023).

## Mantenimiento Industrial Basado en RCM

### *Historia – Evolución*

El mantenimiento, como todo lo demás, ha ido teniendo evoluciones en paralelo al avance tecnológico industrial, creando nuevas necesidades y con ello las soluciones a los problemas, por así decirlo, que presentan los equipos obstaculizando la producción. A el fin de mejorar y garantizar la vida útil del activo o equipo de una determinada planta.

A continuación, en la Tabla 2 mencionaremos como ha ido evolucionando el mantenimiento con el pasar el tiempo y que beneficios se van sumando, esto dependiendo de la etapa en la que se encuentran.

**Tabla 2**

#### *Etapas del Mantenimiento*

<b>Generación</b>	<b>Cualidades</b>	<b>Ejemplo</b>
Tercera 1990	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad.</li> <li>• Medio ambiente</li> </ul>	Sensores en una máquina industrial recopilan datos en tiempo real sobre su rendimiento.
Cuarta 2000 - 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento</li> <li>• Rentabilidad</li> </ul>	Analiza constantemente los datos para identificar patrones.
Quinta 2009 - 2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética</li> <li>• Reducción de costes</li> </ul>	Máquinas que son capaces de autoevaluarse, y en algunos casos, realizar reparaciones.

*Nota.* La tabla hace énfasis desde la época de revolución industrial hasta la actualidad respecto a la evolución al mantenimiento, proporcionando información de cómo llega a establecerse de una manera fundamental (Mancuzo, 2020, pág. 3).

### ***Introducción a la Mantenimiento Industrial y RCM***

Con el avance tecnológico la industria ha ido presentando inestabilidades, haciendo notar la necesidad de mejorar las técnicas, actividades y tareas para el desarrollo de los procesos productivos, ya que ciertos métodos comunes de mantenimiento puesto en práctica no brindan la necesaria fiabilidad hacia los equipos, afectando directamente a su funcionamiento efectivo y por ende a la producción. Es por tal motivo es que se integran mejoras en las aplicaciones de los mantenimientos comunes dando, paso al mantenimiento optimizado basado en la confiabilidad (RCM).

En la Figura 23 se observa las técnicas que se emplean en el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), brindándonos un listado a seguir con el fin de proporcionar un adecuado proceso, para evitar desgastes y daños prematuros hacia los activos o equipos de ciertas plantas industriales.

#### **Figura 23**

*Técnicas de mantenimiento utilizadas en RCM*



*Nota.* La imagen hace énfasis la época de revolución industrial hasta la actualidad respecto a la evolución al mantenimiento, proporcionando información de cómo llega a establecerse de manera fundamental para las empresas Mancuzo, 2020, pág. 3.

Sin embargo, el mantenimiento es una rama muy amplia de analizar, que es necesario clasificarlos según sea el estado del activo para un mejor análisis y facilitar la propuesta de una determinada solución. La Tabla 3 menciona como se clasifica los tipos de mantenimiento tanto Tradicional como RCM según presente la situación del activo.

**Tabla 3**

*Tipos de Mantenimientos (Tradicional - RCM)*

<b>Mantenimiento tradicional</b>	<b>RCM</b>
Mantenimiento Preventivo	Tareas de: Reacondicionamiento cíclico y Sustitución cíclica
Mantenimiento Predictivo	Tareas “a condición”
Mantenimiento Detectivo	Tareas de búsqueda de fallas
Mantenimiento Correctivo	Tareas de trabajo a la falla o Rotura

*Nota.* La tabla proporciona los tipos de mantenimiento, el mantenimiento tradicional en donde se aplica de manera programada, pero sin considerar el rendimiento y el RCM que está enfocado en tareas basadas en análisis y el desempeño (VEYCO, 2014).

### ***Definición de mantenimiento industrial***

Tras analizar diversos términos a fin de conceptualizar la definición de “mantenimiento industrial”, Sourget (2023) lo define como una actividad comprometida a verificar, mantener y/o restaurar (de ser el caso) un activo o equipo para asegurar que siga cumpliendo con su funcionalidad destinada de manera eficiente (pág. 4).

## Figura 24

### *Puntos base de un plan de Mantenimiento*



*Nota.* Esta ilustración enfoca los puntos base y efectivos del estado de las máquinas industriales” (VEYCO, 2014, pág. 4).

Por lo cual podemos decir que la finalidad del mantenimiento industrial es asegurarnos y garantizar la producción de calidad en cualquier proceso, actividad, o tarea industrial, manteniendo el correcto funcionamiento de los activos mediante la reducción parcial o total del desgaste la vida útil del equipo.

### **Conceptos básicos del RCM**

“Por sus siglas en inglés Reliability Centered Maintenance, este mantenimiento centralizado en la confiabilidad se basa en procesos utilizados para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga” (Eslava, Velásquez, & Eslava, 2018, pág. 4).

El RCM tiene claro que un activo tiende a fallar y que es un hecho que no se puede evitar o reducir en ciertas ocasiones, pero sí se puede reducir o incluso hasta evitar que los activos pierdan su funcionalidad y sigan produciendo de manera eficiente.

**Importancia del mantenimiento:**

El RCM es una parte esencial del mantenimiento ya que mejora la confiabilidad de los equipos y la producción de las industrias, así como también una correcta aplicación de dicho mantenimiento ayuda a reducir el tiempo inactivo de los equipos evitando las fallas y averías de no ser tratados

A continuación, se mencionará los beneficios que trae el mantenimiento, haciendo notar la importancia de su aplicación dentro de la industria donde haya la presencia de los activos en actividad:

- Módulos Electrohidráulicos
- Optimización de costos
- Extensión de la vida útil de los activos
- Reducción de paradas no planificadas
- Mayor seguridad operativa
- Mejora en la planificación y programación (Macarena, 2023, pág. 7).

***Principios y objetivos de RCM.***

Este tipo de mantenimiento utiliza una metodología de gestión para los activos y equipos, asegurando la confiabilidad y disponibilidad, pero para ello nos apoyamos de ciertos principios, mismos que nos ayuda a llevar el proceso de una manera organizada haciendo énfasis a la eficiencia y mejora continua para los activos de una determinada producción.

En la Tabla 4 se presenta los principios a utilizar en el mantenimiento RCM, mismo que ayuda a no perder el enfoque, y llevar a cabo el procedimiento correcto:

**Tabla 4***Principios de mantenimiento RCM*

<b>Principio</b>	<b>Característica</b>
Enfoque en la Función	Definición clara de los objetivos y funciones
Modos de Falla	Análisis para identificar todos los modos de falla posibles.
Análisis de Consecuencias	Evaluación de las consecuencias de cada modo de falla
Mantenimiento	Puesta en práctica del plan de mantenimiento
Monitoreo y Mejora Continua	Sistema de monitoreo y evaluar la efectividad

*Nota.* La tabla proporciona los principios de mantenimiento RCM, a fin de contribuir significativamente a la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas. (AlterEvo Ltd, 2014).

***Ventajas de RCM en la gestión del mantenimiento***

Un programa de mantenimiento RCM si se implementa de forma eficaz, puede aportar muchos beneficios. El RCM asegura de que los sistemas estén funcionando de manera eficiente. Por ende, es necesaria, pero puede resultar económicamente elevada y a su vez riesgosa si se emplea incorrectamente (CENOSCO, 2022).

Para ello mencionaremos 7 beneficios del mantenimiento RCM, el cual presenta al ser bien implementado:

- Establecer expectativas realistas
- Proporcionar información sobre los riesgos empresariales
- Gestión de riesgos medioambientales, sanitarios y de seguridad
- Mejorar las relaciones
- Proporcionar datos cuantitativos sobre la reducción de riesgos
- Prevenir la pérdida de conocimientos esenciales
- Reducción global de costes

### ***Planificación de recursos para el mantenimiento.***

Planificación de actividades de mantenimiento basadas en RCM incluye la organización y asignación efectiva de recursos como personal, herramientas y repuestos para garantizar el funcionamiento óptimo de estos sistemas. En la Tabla 5 menciona el enfoque en que se basa una comprensión detallada del activo fijo, que permite planificar de forma predictiva las actividades de mantenimiento y evitar intervenciones innecesarias.

**Tabla 5**

*Modo de fallas basadas en RCM*

<b>Proceso</b>	<b>Detalle</b>
Funciones Críticas	Identifica todas las funciones críticas del módulo hidráulico, como la generación y control de presión, la filtración, etc.
Modos de Falla	Enumera los modos de falla que podrían afectar cada función crítica, fallos mecánicos, eléctricos, hidráulicos, etc.
Evaluación de Consecuencias	Determina las consecuencias de cada modo de falla en términos de seguridad, operación y costos.
Tareas de Mantenimiento	Estas pueden incluir mantenimiento preventivo, predictivo, detección de fallas, etc.
Plan de Mantenimiento	Detalla el plan de mantenimiento para cada tarea seleccionada, incluyendo la frecuencia y la descripción.

*Nota.* La tabla proporciona los modos de falla del RCM el cual busca maximizar el rendimiento de los activos a lo largo de su vida útil (*Medina, 2016*).



## Capítulo III

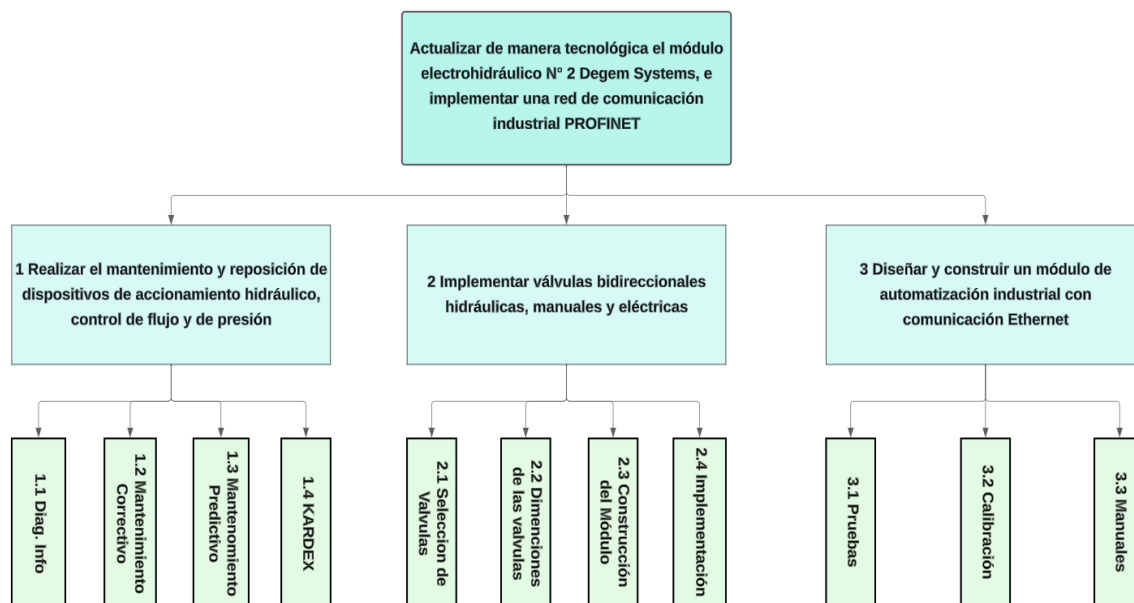
### Desarrollo e Implementación

En la actualidad el concepto de tecnología electrohidráulica adquiere gran importancia a consecuencia de la evolución industrial, gracias a los fluidos hidráulicos se ha desarrollado tecnología innovadora al aplicar el fundamento de presión que desplaza pistones dentro de cilindros neumáticos. La energía proporcionada viene de una bomba que mueve el fluido por tuberías a los puntos de aplicación necesarias.

Esta tecnología tiene la ventaja de generar gran potencia con pequeños componentes además de un posicionamiento preciso que realiza movimientos lineales independientes gracias al control y regulación de válvulas de control. Por lo que es imperativo realizar una estructura de descomposición del trabajo como se muestra en la Figura 25.

**Figura 25**

*Diagrama de trabajo de los objetivos*

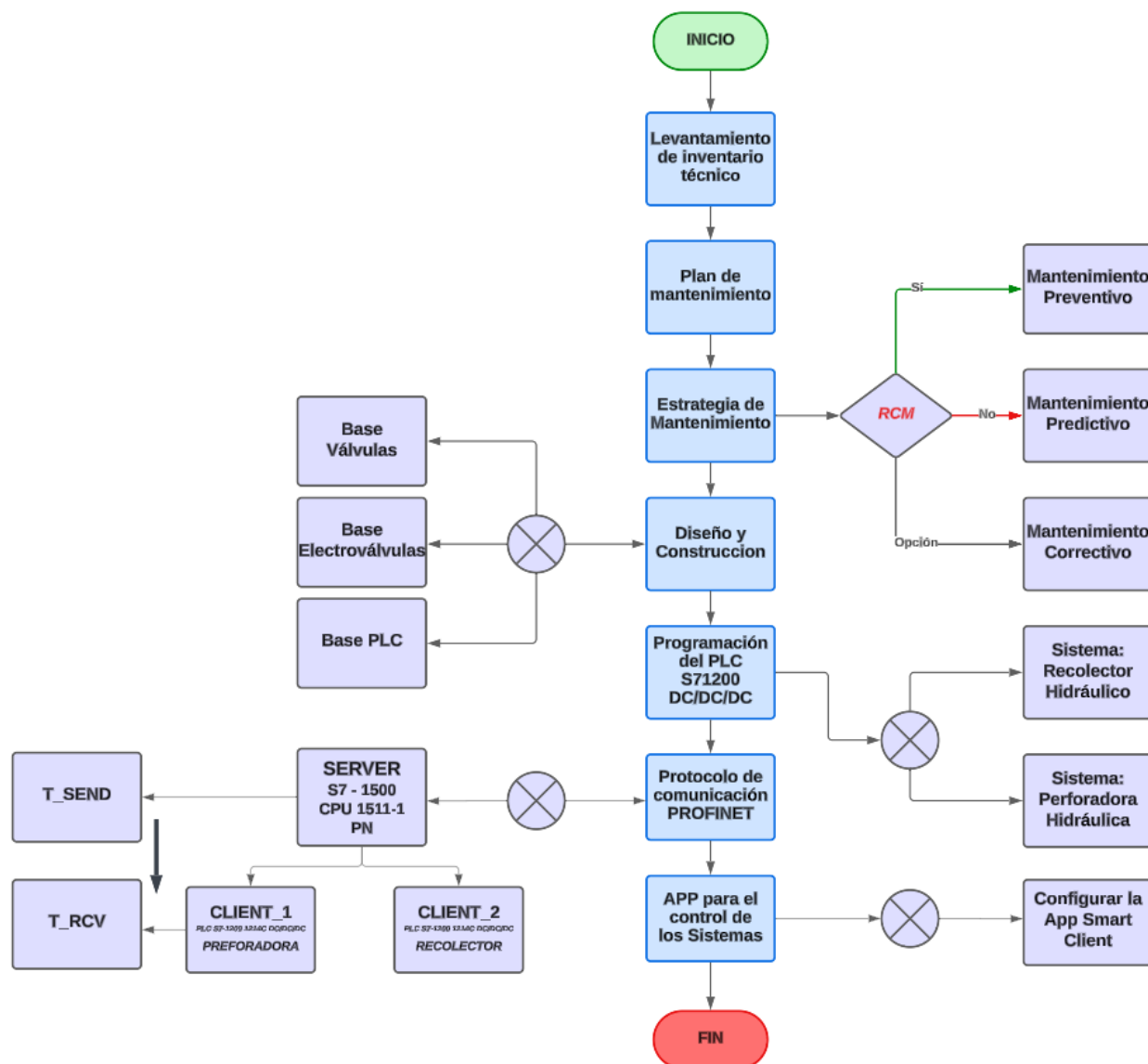


*Nota.* En la imagen ilustra la categorización del proyecto hidráulico puesto en práctica.

Para el desarrollo del presente capítulo, hemos realizado un flujograma donde se puede observar en la Figura 26, a fin de detallar claramente, mejorando la comprensión y eficiencia del proceso a realizar tanto mantenimiento, implementación y la automatización.

**Figura 26**

*Flujograma del desarrollo e implementación*



*Nota.* La imagen ilustra un flujograma del procedimiento a seguir para realizar el trabajo de titulación con respecto al diseño e implantación del capítulo III.

## Revisión del módulo Degem System

En el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica ubicado en la Universidad de las Fuerzas Armadas, se encuentran los diferentes módulos didácticos pertenecientes al área de hidráulica y neumática, los cuales son utilizados por los estudiantes para hacer prácticas por lo cual es imperativo hacer un análisis de los diferentes módulos y componentes que se encuentran disponibles en la mesa #6 del laboratorio con la finalidad de verificar y registrar a detalle el estado de los componentes que encontramos en el laboratorio.

Después de una revisión exhaustiva se identificó que la bomba hidráulica requiere de mantenimiento predictivo, cambio de aceite hidráulico, filtro y válvulas como se puede observar en la Figura 27 lo cual puede causar un bajo rendimiento y afectar la vida útil del sistema hidráulico

### Figura 27

*Bomba hidráulica*



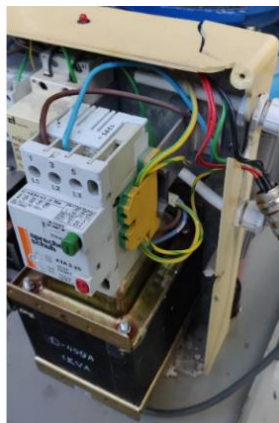
*Nota.* Se identificó que la caja que sujeta el circuito de control de medidas

La caja de distribución (18 cm de ancho, 28 cm de altura y 17 cm de profundidad) está deteriorada con elementos electrónicos sueltos y su estructura (caja moldeada) parcialmente destruida por lo que se necesita un cambio como se pudo verificar en la Figura 28.

Posteriormente se realizó una prueba de encendido en el cual se verificó que el funcionamiento del circuito de control no tiene problemas, sin embargo, el indicador en este caso una luz led que indica encendido de la bomba estaba quemada.

### Figura 28

*Caja del circuito de control de la bomba*



En el módulo Universal Degem system #2 hay un total de 3 manómetros los cuales por el uso de los estudiantes durante dos décadas se encontraban en mal estado como se puede ver en la Figura 29 por lo que se requiere un cambio.

### Figura 29

*Manómetros del modulo*



En la mesa #6 además del módulo Degem system #2 se encuentran módulos portables complementarios las cuales están integradas válvulas accionamiento manual y electroneumáticas, en la Tabla 6 se detalla el estado:

Tabla 6

## Estado de las válvulas

Modulo	Componente	Estado	Observación
Unit HYD 2120	4/2 Way Solenoid Valve Sprint Return		Cuerpo de la válvula parcialmente fisurada por el uso prolongado la cual muestra derrame del fluido. No se ve necesario hacer pruebas funcionales.
Unit HYD 2120	4/3 Way Solenoid Valve Sprint Return		Fisuras internas en la salida del retorno al tanque por lo que el uso prolongado provoca derrames del fluido. No se ve necesario hacer pruebas funcionales.
Unit HYD 2120	4/3 Way Directional		Fisuras internas, por el uso prolongado la cual muestra derrame del fluido. No se ve necesario hacer pruebas funcionales.
Unit HYD 2130	Pilot Check Valve		Sin fugas sin embargo a la vista se puede observar que la válvula empieza a mostrar signos de fatiga.
Unit HYD 2130	Non – Return Valve		Fisuras internas, por el uso prolongado. No se realizan pruebas completas ya que muestra derrame del fluido a baja presión,
Unit HYD 2130	Compensated Flow Control Two Way		Fisuras internas, por el uso prolongado la cual muestra derrame del fluido. No se ve necesario hacer pruebas funcionales.
Unit HYD 2130	Pressure Control Valve		Se puede determinar que la válvula está comenzando a tener signos de rotura por fatiga además le falta la reguladora manual de la presión.

## Selección de componentes

### ***Caja para el circuito de control de la bomba hidráulica***

En base a las medidas de la placa se procede a medir la altura, ancho y largo como se puede ver en la Figura 30 con la finalidad que tenga espacio para cada elemento electrónico además de que el circuito tenga refrigeración y así evitar sobrecalentamientos que podría causar fallas en el control de la bomba.

### **Figura 30**

*Caja adecuada para el circuito de control de la bomba*










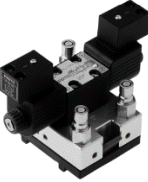










*Nota.* La imagen ilustra la caja de distribución de plástico con tapa transparente.

### **Válvulas**

Para la selección de las válvulas mecánicas se verifico parámetros de presiones nominales además de la capacidad respecto al cuerpo, así como la temperatura de operación ya que las válvulas deben ser capaces de funcionar de manera efectiva en el rango de temperaturas previsto para la aplicación específica y como parámetro final el material de construcción por lo que los materiales utilizados en la fabricación de la válvulas deben ser compatibles con los fluidos que se manejarán y deben resistir la corrosión, con respecto a las electroválvulas además de los parámetros mencionados en las válvulas mecánicas se añade parámetros de voltaje (24 voltios) con las que van a actuar.

Tabla 7

Válvulas disponibles en el mercado

Opciones	4/2 Way Selenoid Valve Sprint Return	4/3 Way Selenoid Valve Sprint Return	4/3 Way Directional	Pilot Check Valve	Compensated Flow Control Two Way	Pressure Control Valve
1	 Marca: Uflow	 Marca: MettleAir	 Marca: Enerpac	 Marca: Grainger	 Marca: Grainger	 Marca: Ocean Hydraulics
2	 Marca: B-MC	 Marca: Festo	 Marca: Chyf	 Marca: OMFB	 Marca: HYDAC	 Marca: Festo
3	 Marca: FTZ Especificaciones	 Marca: FTZ Especificación	 Marca: Vickers Especificación	 Marca: SUR Especificación	 Marca: FT Especificación	 Marca: Vickers Especificación

Se puede observar en la Tabla 7 las diferentes opciones para las válvulas sin embargo en base a las especificaciones técnicas, requerimientos de laboratorio y de acuerdo con la disponibilidad en el mercado de cada una de estas, se seleccionó la tercera opción.

## CAD de tableros

Para la elaboración de los tableros que sujetarán los diferentes componentes que integran los módulos portables se encuentran los diseños de las válvulas mecánicas, electroválvulas y el controlador lógico programable (PLC).

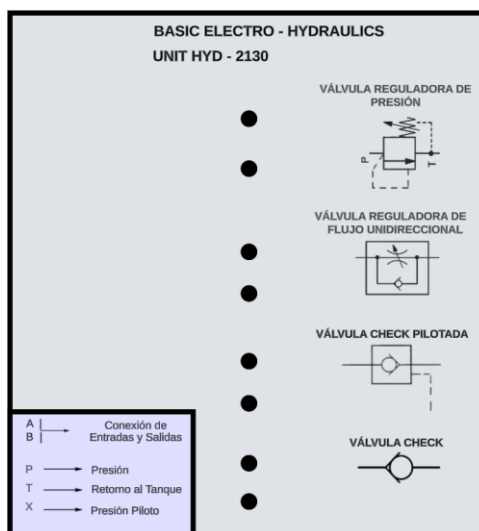
## Diseño de los módulos

Una vez realizado la selección adecuada y necesaria procedemos a diseñar las placas con la distribución correcta, de manera que estén organizadas y visibles tanto las etiquetas como los elementos a implementar, a fin proporcionar una buena maniobra al momento de realizar las prácticas de laboratorios.

### *Diseño del módulo para las válvulas*

#### Figura 31

*Placa base del módulo de las válvulas*



*Nota.* La figura muestra la distribución adecuada del espaciado de las válvulas mecánicas a fin de tener una mejor visualización al momento del desarrollo de la práctica.

En la Figura 31 se ilustra el diseño de la placa para las válvulas, el cual está etiquetado como Basic Electro – Hidraulics Unit HyD - 2130, en donde está planificada colocar cuatro

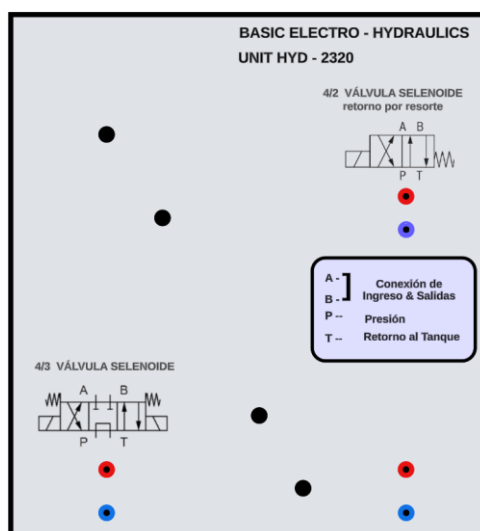


válvulas de accionamiento mecánico, las cuales se mencionan a continuación: válvula reguladora de presión, válvula reguladora de flujo unidireccional, válvula check pilotada y la válvula check. Mismo que se encuentra distribuida teniendo en cuenta las dimensiones de los componentes físicos y como realizar la sujeción en determinadas zonas tanto de los elementos como en la placa.

### ***Diseño del módulo para las electroválvulas***

#### **Figura 32**

##### *Placa base de las electroválvulas*



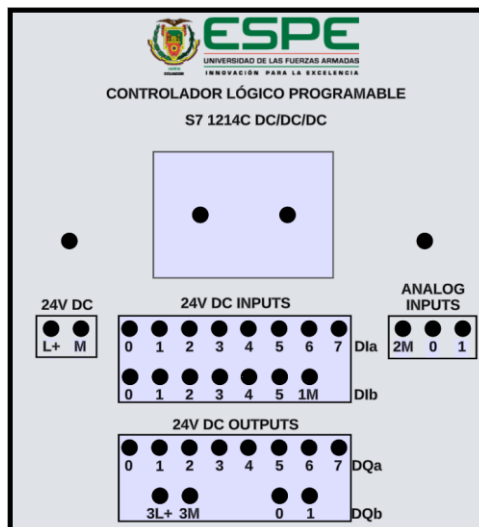
*Nota.* La figura muestra la distribución adecuada del espaciado de las electroválvulas a fin de tener una mejor visualización al momento del desarrollo de la práctica.

En la Figura 32 se ilustra el diseño de la placa para las electroválvulas, el cual está etiquetada como Basic Electro – Hidraulics Unit HyD - 2320, para colocar dos válvulas de accionamiento eléctrico, una 4/2 válvula solenoide – retorno por resorte y la 4/3 válvula solenoide. Se han distribuido considerando las dimensiones de los componentes físicos y la manera de realizar la sujeción en determinadas específicas.

## Diseño del módulo para el PLC S7-1200 1214C DC/DC/DC

**Figura 33**

*Placa base del PLC*



*Nota.* La figura muestra la distribución adecuada del espaciado entre E/S del PLC a fin de tener una mejor maniobra al momento del desarrollo de la práctica.

En la Figura 33 se ilustra el diseño de la placa del PLC, el cual está etiquetado como Controlador Lógico Programable S7 1214C DC/DC/DC Firmware 40 Versión 4.4, en donde está planificada colocar treinta y dos jacks bananas de tipo hembra para las E/S del PLC, hay que considerar también detalles como la sujeción y soporte del mismo.

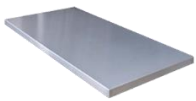
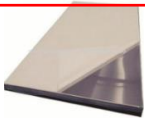
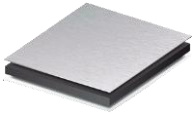









### Implementación de los módulos

Una vez ya realizada el levantamiento del informe técnico y solventado las deficiencias que detalla en el mismo mediante una estrategia de mantenimiento (RCM), se procede a el desarrollo de la implementación.

Para ello hacemos uso de la matriz morfológica a fin de realizar una selección adecuada en los materiales para implementar el diseño ya aprobado de una manera eficiente, garantizando el correcto funcionamiento considerando la prolongada vida útil del activo.

Tabla 8

Matriz morfológica para la estructura de la base de las placas

Componente	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Base</b>	 Aluminio	 Acero inoxidable	 Alucobond
<b>Sujeción</b>	 Nylon_ C. Plana	 Hierro_ C. Redonda	 Acero_ C. Ovalada
<b>Soportes</b>	 Madera_ S. Redondo	 Acero_ S. Cilíndrico	 Hierro_ S. Cilíndrico
<b>Pernos</b>	 Acero_ C. Plana A.	 Hiero_ C. hexagonal	 Acero_ C. Allen

*Nota.* En la Tabla se enlista una variedad de alternativas con la cual se puede realizar el diseño y la construcción según sea la necesidad.

En la Tabla 8 muestra la matriz morfológica para la implementación de la estructura de las bases de diferentes placas de los módulos del laboratorio, para esto se seleccionó tres alternativas de materiales. Sin embargo, se seleccionó la que mejor cumpla con las características necesarias para el desarrollo de la siguiente manera:

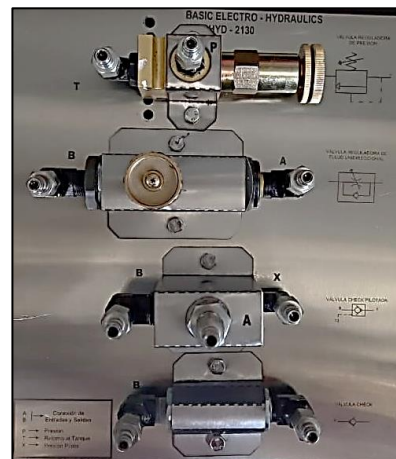
- Para la base usaremos acero inoxidable cepillado ya que es un material resistente y a su vez visualmente estético.

- Para la parte de sujeción, que cumple la función de halar o levantar la placa, se usó sujetadores de cabeza ovalada de material acero inoxidable debido a la resistencia y durabilidad que presenta.
- Los soportes tienen como función separar la placa base del suelo a una determinada altura para evitar el sistema eléctrico que esta por detrás choque.
- Los pernos cumplen una importante función dentro de la implementación, para ellos de igual manera se seleccionó adecuadamente según la aplicación.

A continuación, Figura 34 en la muestra el resultado final de la implantación de las placas para el módulo hidráulico.

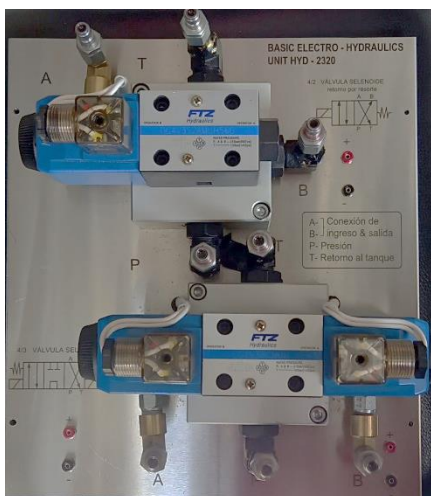
### Figura 34

#### *Módulo de las válvulas*



*Nota.* En la figura se puede observar la implementación de las válvulas con accionamiento mecánico con una distribución adecuada.

En la Figura 34 se ilustra la implantación de las válvulas: reguladora de presión, reguladora de flujo unidireccional, check pilotada y la check, de una manera organizada y cómoda para su uso en el laboratorio de hidrónica y neutrónica sin dejar de lado la verificación correcta de funcionalidad.

**Figura 35***Módulo de las Electroválvulas*

*Nota.* En la figura se puede observar la implementación de las electroválvulas.

En la Figura 35 se ilustra la implementación de las electroválvulas: la 4/2 válvula solenoide – retorno por resorte y la 4/3 válvula solenoide, ubicada de una manera organizada y cómoda para poner en funcionamiento sin dejar de lado la verificación correcta de funcionalidad.













**Figura 36***Módulo del PLC S7 1214C DC/DC/DC*

*Nota.* En la figura se puede observar la implementación del controlador lógico programable de una manera adecuada.

En la Figura 36 se ilustra la implementación de la placa del PLC con sus respectivos elementos las cuales son: jacks bananas (2 mm) de tipo hembra para las E/S considerando que los de color rojo pertenece a las entradas positivas y los de color negro pertenece a las entradas negativas, sujetadores, soportes y pernos. La manera en la que se implementó esta correctamente distribuida facilitando el uso y la aplicabilidad del mismo.

**Tabla 9**

*Matriz morfológica para la bomba hidráulica*

Componente	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Filtro de aceite</b>	 Papel de Filtro	 Malla de Filtro	 Filtro R. Metálico
<b>Aceite Hidráulico</b>	 Castrol ATF Dex II	 Hierro_ C. Redonda	 Acero_ C. Ovalada
<b>Caja de Distribución</b>	 C. D. de plástico	 C.D. Tapa transparente	 C.D. Metálica
<b>Manómetro de presión</b>	 Manómetro con Glicerina	 Manómetro sin Glicerina	 Manómetro Digital

*Nota.* En la Tabla se enlista una variedad de alternativas con la cual se puede realizar el diseño y la construcción según sea la necesidad para el módulo de la bomba hidráulica.

La Tabla 9 muestra la matriz morfológica para poder realizar la implementación y mantenimiento de la bomba hidráulica del módulo del laboratorio, para ello hemos seleccionado

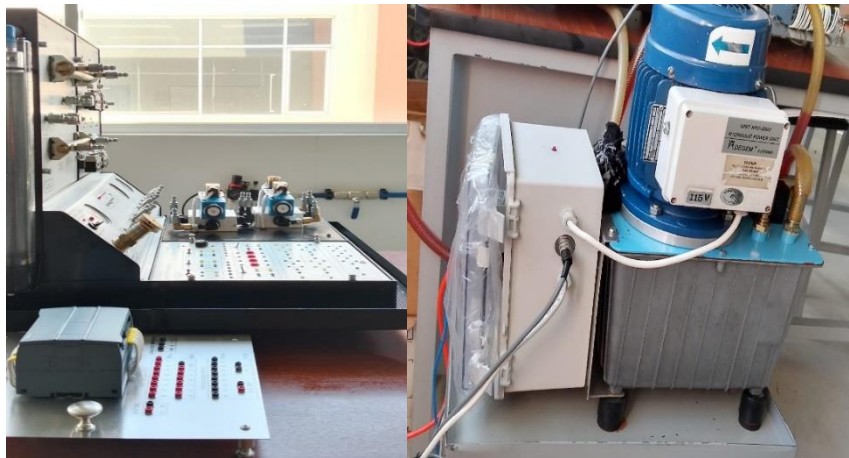
tres alternativas de materiales y repuestos, estas alternativas son posibles soluciones para poder llegar al producto final. Sin embargo, hemos seleccionado la que mejor cumpla con las características necesarias para el desarrollo la cual queda de la siguiente manera:

- Para la parte del sistema de lubricación se procedió a cambiar el filtro de aceite, la mejor alternativa es el filtro de fibra de papel logrando un mejor fieltrado.
- Para el fluido hidráulico se seleccionó el aceite AFT Dex II Castrol, debido a las propiedades y ventajas que presenta dicho lubricante.
- La caja de distribución fue seleccionada la alternativa que presenta una tapa transparente y de material de plástico, a fin de visualizar el sistema eléctrico.
- Para la parte superior del módulo hidráulico se procede a sustituir los manómetros, teniendo en cuenta características de funcionamiento y rango.

La Figura 37 muestra el módulo general del sistema hidráulico, el cual contienen el elemento principal, misma que se realizó los cambios de componentes seleccionado mediante la matriz morfológica asegurando la seguridad, calidad y confort del sistema.

### **Figura 37**

#### *Módulo Hidráulico Universal*



*Nota.* En la figura se ilustra el módulo tanto la parte del circuito de fuerza como la del control.

**Figura 38***Módulo Hidráulico Universal - bomba hidráulica*

De igual manera en el módulo general hidráulico de la Figura 38 se puede observar la parte de medición, el cual está conformado por manómetros, que de igual manera se seleccionó los manómetros adecuados mediante la ayuda de la matriz morfológica considerando características mecánicas y de funcionamiento.

### **Mantenimiento centrado en la confiabilidad**

En base a la disposición de todos los elementos hidráulicos que conforman el módulo Degem System 2, es imperativo que las personas a cargo del laboratorio de hidrónica y neutrónica de la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara conozcan la manera adecuada para posteriormente dar indicaciones requeridas.

Por lo que el diseño del plan de mantenimiento RCM es indispensable ya que implica identificar funciones de operación, fallos funcionales, efectos de falla y tareas proactivas.



### ***Plan de Mantenimiento RCM***

Este plan consiste en adoptar un enfoque sistemático para gestionar el mantenimiento, priorizando las funciones de operación, evaluando los riesgos y seleccionando estrategias de mantenimiento que maximicen la confiabilidad y la eficiencia operativa.

### ***Funciones operacionales***

El primer paso es definir cuál es la función del activo físico, así como los estándares de desempeño operacional Como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Funciones operacionales aplicado al módulo hidráulico*

<b>Componente</b>	<b>Funciones operacionales</b>
Bomba hidráulica	Aumentar la presión de un líquido para poder desplazarlo de una zona de menor presión a una de mayor presión
PLC	Controlar y automatizar procesos
Válvula 4/2 Way Solenoid -Return	Controlar el flujo del sistema hidráulico por medio de señales digitales
Válvula 4/3 Way Solenoid -Return	Controlar el flujo del sistema hidráulico por medio de señales digitales (control electrohidráulico discreto en el extendido y retraído del cilindro).
Válvula 4/3 Way Directional	Controlar el flujo de un fluido en un sistema hidráulico (control discreto en el extendido y retraído del cilindro).
Válvula Pilot Check	Permitir el flujo unidireccional de un fluido en un sistema hidráulico
Válvula Non – Return	Controlar el flujo de fluido y previene el retroceso del flujo.
Válvula Compensated Flow Control Two Way	Mantener un flujo constante y controlado, independientemente de las variaciones de presión en el sistema.
Válvula Pressure	Reducir la presión alta del líquido a presiones menores, sin afectar las fluctuaciones en la demanda de fluidos.

### **Fallos funcionales**

El segundo paso en RCM es identificar las maneras puede fallar un activo físico al cumplir sus funciones, es decir, se determinan los fallos funcionales de cada elemento. En la Tabla 11 se recoge la información de estas fallas funcionales.

**Tabla 11**

*Fallos funcionales aplicado al módulo hidráulico*

<b>Componente</b>	<b>Fallos funcionales</b>
Bomba hidráulica	No encender, fugas, mala calibración
PLC	Interferencias electromagnéticas, fallas en las señales de entradas o salidas, cortocircuito.
Válvula 4/2 Way Solenoid - Return	Fugas, Bloqueo o atasco, problemas eléctricos.
Válvula 4/3 Way Solenoid - Return	Fugas, Bloqueo o atasco, problemas eléctricos.
Válvula 4/3 Way Directional	Fugas, Bloqueo o atasco, desgaste mecánico
Válvula Pilot Check	Fugas, Bloqueo o atasco, desgaste mecánico
Válvula Non – Return	Fugas, Bloqueo o atasco, desgaste mecánico, sobrecalentamiento
Válvula Compensated Flow Control Two Way	Fugas, Bloqueo o atasco, desgaste mecánico, sobrecalentamiento, desprendimiento del regulador.
Válvula Pressure	Fugas, Bloqueo o atasco, desgaste mecánico, sobrecalentamiento, desprendimiento del regulador.

*Nota.* En la tabla se menciona las fallas funcionales que presenta cada componente ya sea de accionamiento mecánico como componentes de accionamientos eléctricos del módulo hidráulico del laboratorio.

### **Modos de fallo**

En este paso se determina la causa de la falla funcional con lo cual se identifica los eventos que ocasionan que se dé una falla funcional como se puede ver en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Modos de fallo aplicado al módulo hidráulico*

<b>Componente</b>	<b>Modos de fallo</b>
Bomba hidráulica	No estar energizado, daños en el circuito de control, encender con carga, fisuras en las tuberías del fluido, manómetro averiado.
PLC	Campos electromagnéticos generados por otros equipos eléctricos o electrónicos, ruido eléctrico, conexiones defectuosas, problemas de alimentación.
Válvula 4/2 Way Solenoid Valve Sprint Return	Presiones fuera de rango de operación, sobrecalentamiento, problemas con la bobina solenoide, acumulación de suciedad o corrosión, desgaste de los componentes internos, fallos en los relés
Válvula 4/3 Way Solenoid Valve Sprint Return	Presiones fuera de rango de operación, sobrecalentamiento, problemas con la bobina solenoide, acumulación de suciedad o corrosión, desgaste de los componentes internos, fallos en los relés
Válvula 4/3 Way Directional	Presiones fuera de rango de operación, sobrecalentamiento, acumulación de suciedad o corrosión, desgaste de los componentes internos, exceso de fuerza en la palanca
Válvula Pilot Check Valve	Presiones fuera de rango de operación, sobrecalentamiento, acumulación de suciedad o corrosión, desgaste de los componentes internos.
Válvula Non – Return Valve	Presiones fuera de rango de operación, sobrecalentamiento, acumulación de suciedad o corrosión, desgaste de los componentes internos,

<b>Componente</b>	<b>Modos de fallo</b>
Válvula Compensated Flow Control Two Way	Presiones fuera de rango de operación, sobrecalentamiento, acumulación de suciedad o corrosión, desgaste de los componentes internos, conexión errónea en las salidas
Válvula Pressure Control Valve	Presiones fuera de rango de operación, sobrecalentamiento, acumulación de suciedad o corrosión, desgaste de los componentes internos, conexión errónea en las salidas

*Nota.* La tabla presenta la habilidad de la función perdida de cada activo hidráulico.

### ***Tareas proactivas***

En este paso se debe predecir o prevenir cada falla, analizando alternativas de acción que podrán potencialmente manejar las diferentes fallas.

### **Tabla 13**

#### *Tareas proactivas aplicado al módulo hidráulico*

<b>Componente</b>	<b>Tareas proactivas</b>
Bomba hidráulica	Revisar los indicadores de encendido (Luz led), revisar las válvulas de paso de presión, evitar mover las tuberías del fluido con el módulo encendido.
PLC	Mantener equipos eléctricos a medio metro de distancia, verificar las conexiones de alimentación, tener conocimiento previo del plc 1200 dc/dc/dc, revisar el manual de operación, observar cableado antes de entrar a operación.
Válvula 4/2 Way Selenoid Valve Sprint Return	Verificar el estado de los relés, leer el manual de operación de las electroválvulas, observar detenidamente las conexiones hidráulicas, verificar los terminales para energizar.
Válvula 4/3 Way Selenoid Valve Sprint Return	Verificar el estado de los relés, leer el manual de operación de las electroválvulas, observar detenidamente las conexiones hidráulicas, verificar los terminales para energizar.

<b>Componente</b>	<b>Tareas proactivas</b>
Válvula 4/3 Way Directional	Verificar el estado de la válvula, leer el manual de operación de las electroválvulas, observar detenidamente las conexiones hidráulicas, verificar las salidas de retorno al tanque.
Válvula Pilot Check Valve	Verificar el estado de la válvula, leer el manual de operación de las electroválvulas, observar detenidamente las conexiones hidráulicas, verificar las salidas de retorno al tanque, determinar las presiones a trabajar en los manómetros.
Válvula Non – Return Valve	Verificar el estado de la válvula, leer el manual de operación de las electroválvulas, observar detenidamente las conexiones hidráulicas, verificar las salidas de retorno al tanque, determinar las presiones a trabajar en los manómetros.
Válvula Compensated Flow Control Two Way	Verificar el estado de la válvula, leer el manual de operación de las electroválvulas, observar detenidamente las conexiones hidráulicas, verificar las salidas de retorno al tanque, manipular con cuidado el regulador de caudal.
Válvula Pressure Control Valve	Verificar el estado de la válvula, leer el manual de operación de las electroválvulas, observar detenidamente las conexiones hidráulicas, verificar las salidas de retorno al tanque, determinar las presiones a trabajar en los manómetros, manipular con cuidado el regulador de presión.

*Nota.* La tabla se presenta actividades a fin de evitar posibles daños en los activos a futuro.

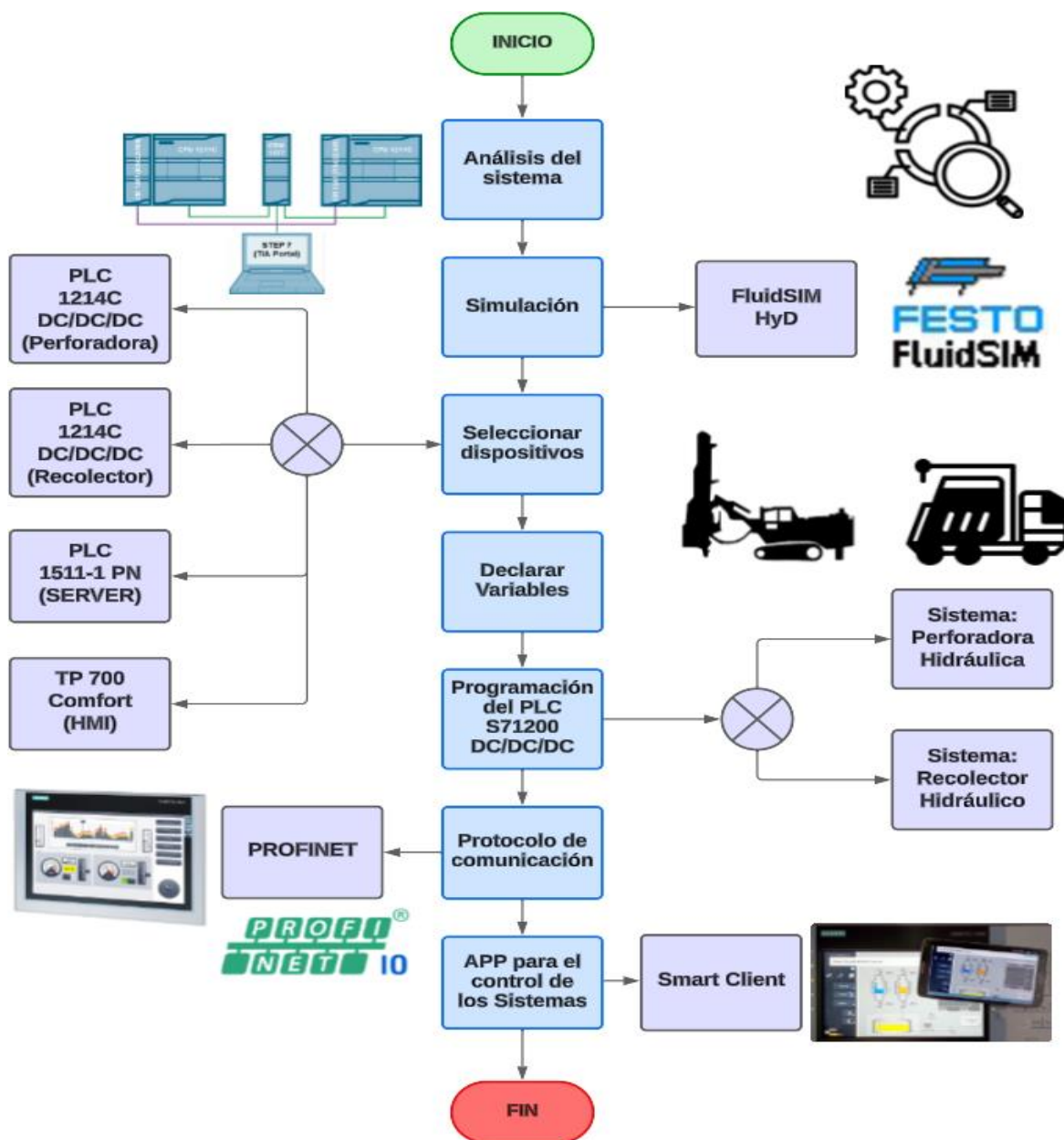
### **Programación del Sistema**

Este programa está diseñado para la automatización de dos sistemas hidráulicos independientes (Sistema hidráulico de la compuerta de un camión recolector y el sistema hidráulico de una perforadora hidráulica) mediante el uso del software TIA Portal. La aplicación permitirá el control centralizado desde una pantalla designada como servidor, la cual es la que se encargará de gestionar ambos sistemas. La comunicación entre el servidor y los sistemas hidráulicos se establecerá a través del protocolo de comunicación PROFINET.

Este protocolo de comunicación PROFINET nos ayuda a enviar datos desde el servidor (TSEND) hasta el receptor (TRCV) en tiempo real, de la misma forma se puede realizar lo contrario. A continuación, se presente un flujograma del desarrollo en la Figura 39

**Figura 39**

*Flujograma de la programación de los sistemas*



*Nota.* En la figura ilustra el flujograma de la implementación del programa, en donde se menciona el procedimiento y el contenido a desarrollar.

## Desarrollo de los sistemas

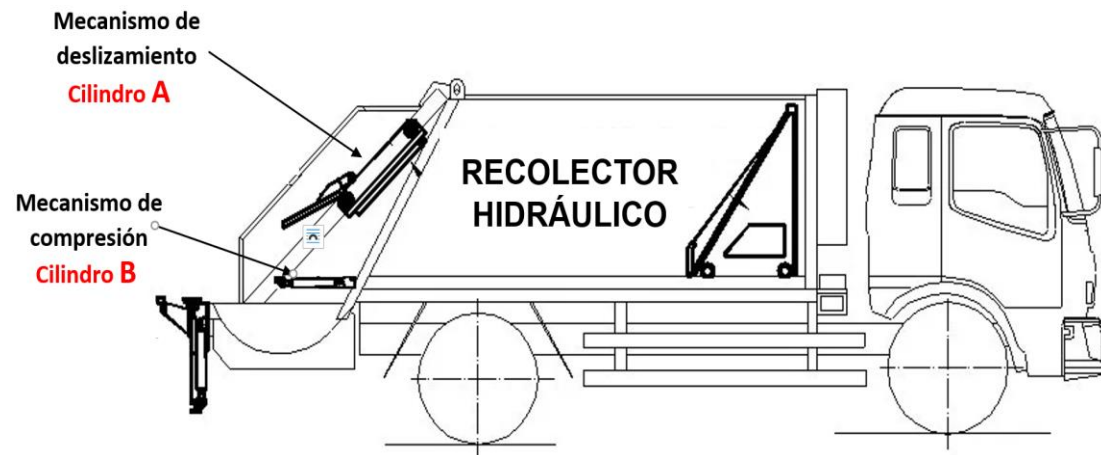
### Análisis de los sistemas

#### *Sistema: Recolector hidráulico*

#### Figura 40

#### *Sistema hidráulico 1 (Recolector)*

Para el siguiente sistema nos enfocaremos específicamente en la compuerta principal del colector que corresponde a la puerta posterior, el cual consta de 2 cilindros (pistones); cilindro A y cilindro B.



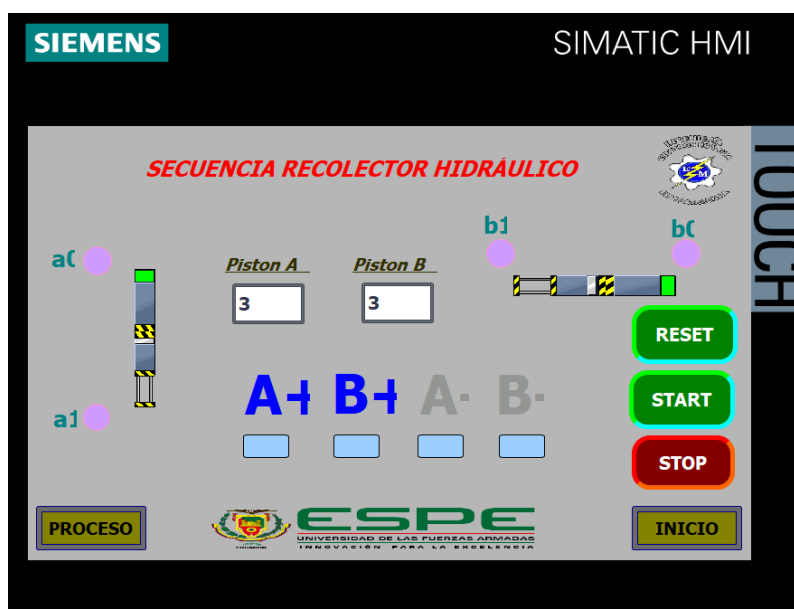
En la Figura 40 se observa los pistones A y B, mismos que tienen como función accionar mediante la presión de un fluido hidráulico. El recolector una vez que la parte del llenado se encuentre a su límite, manda accionar el pistón A, a fin de que la compuerta empieza a bajar comprimiendo la basura. El pistón A llega a su tope inferior para que seguidamente accione el pistón B, el pistón B tiene la función de cerrar la compuerta para elevar la basura y llevarlo a otro reservorio. Una vez que el pistón B llega a su tope máximo, el pistón A empieza a regresar, siempre y cuando el pistón A detecte una determinada presión aplicada por el pistón B, con el pistón ya totalmente de regreso da paso el regreso del pistón B, de esta manera cierra el ciclo de funcionamiento de un recolector hidráulico.

### Secuencia Recolector

- **A+** → Compuerta hidráulica empieza a bajar (Pistón A baja)
- **B+** → Sale y cierra la pueta inferior a la compuerta (Pistón B sale)
- **A-** → Compuerta hidráulica empieza a retornar (Pistón A sube)
- **B-** → Regresa y abre la pueta inferior a la compuerta (Pistón B regresa)

Figura 41

HMI Secuencia del Sistema Recolector



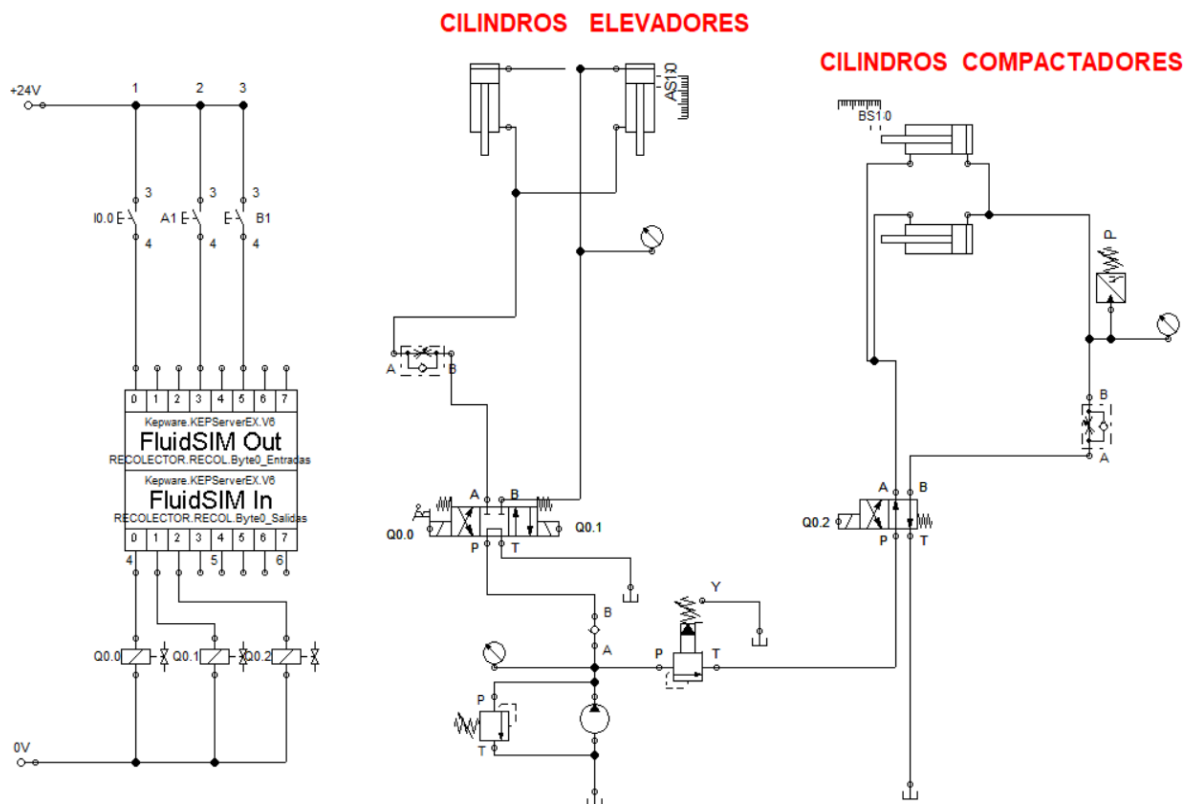
Claramente en la Figura 41 se presenta el HMI de la secuencia (A+ B+ A- B-) que sigue el circuito del sistema recolector hidráulico, dando a obtener una visión simplificada y mejor entendible, también se puede observar el funcionamiento de los interruptores finales de carrera (a0, b0, a1, b1) en tiempo real, permitiendo conocer el comportamiento en general de una manera eficiente. El proceso consta también de un contador, el cual le permite registrar el número de veces que los pistones tanto A como B se encuentren en funcionamiento, esto con el fin de registrar y poder llevar a cabo un determinado mantenimiento del sistema según los datos obtenidos durante el desarrollo.



## Simulación FluidSIM Circuito 1

Figura 42

Circuito hidráulico del Recolector



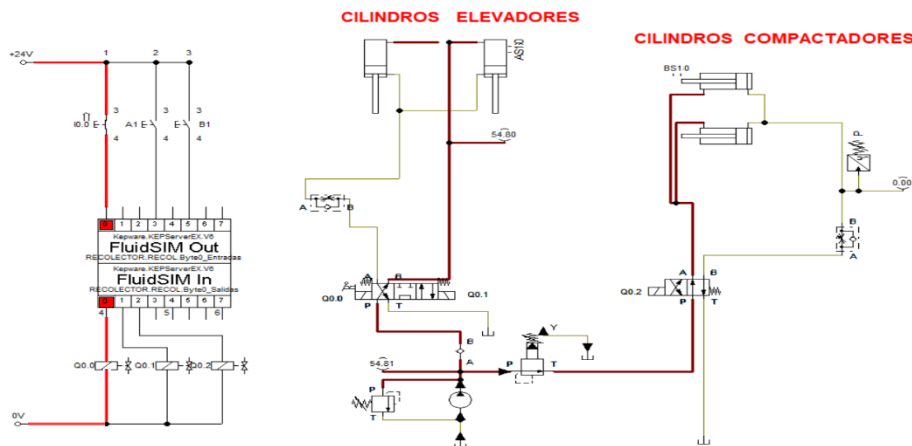
*Nota.* Se procede a realizar el circuito hidráulico con la ayuda de un software, este software (FluidSIM\_H) tiene la capacidad de analizar el proceso y comportamiento en tiempo real, lo que le hace eficiente debido a la flexibilidad y eficacia en la manera que lo realiza.

La Figura 42 muestra cómo se realizará la conexión para el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta válvulas reguladoras de flujo y de presión, así como también un presostato.

La válvula reguladora de presión ayuda a mantener la fuerza de los cilindros según la presión a la que esta calibrada, por otro lado, la válvula reguladora de caudal ayuda a las variaciones de velocidad según se presenta la situación. Sin embargo, el sistema también presenta un presostato, esto con el fin de asegurarse que el sistema aplique una determinada presión.

**Figura 43**

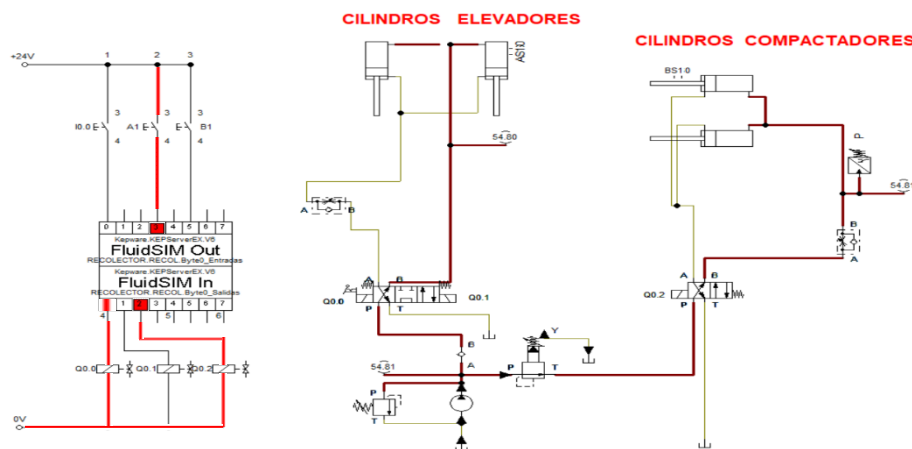
*Circuito en funcionamiento (A+)*



En la Figura 43 se observa que al dar una señal al pulsador empieza la secuencia la cual envía a la electroválvula para desplazar el cilindro de doble efecto que son los cilindros elevadores del recolector hidráulico pasando por la una válvula estranguladora

**Figura 44**

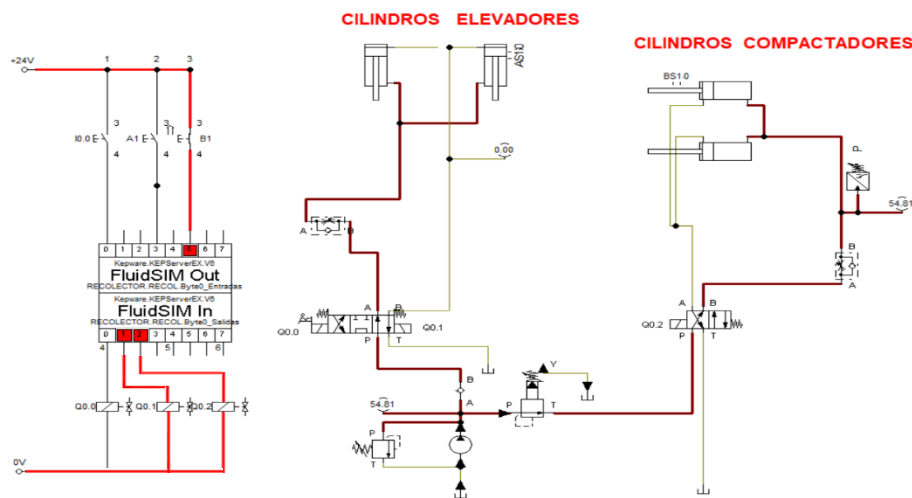
*Circuito en funcionamiento (B+)*



En la Figura 44 se observa que al llegar al final de carrera (a1) de los cilindros elevadores, simultáneamente manda una señal que activa el contacto A1 y esto permite activar los cilindros compactadores a la posición b1 los cuales por medio de la válvula estranguladora comprime hasta que llega a una presión regulada por el presostato.

**Figura 45**

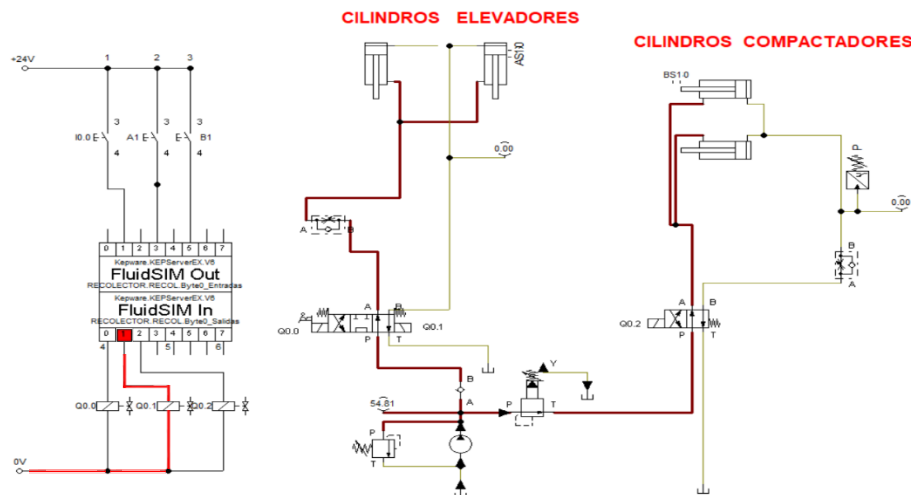
*Circuito en funcionamiento (A-)*



En la Figura 45 se observa que los cilindros elevadores regresan a la posición a0 gracias al funcionamiento del presostato sin embargo se mantienen extendidos los cilindros compactadores.

**Figura 46**

*Circuito en funcionamiento (B-)*

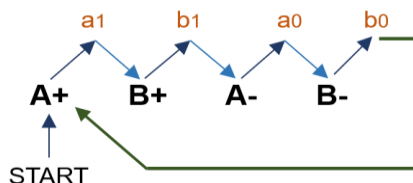


En la Figura 46 se observa que al recibir la señal de los cilindros elevadores en la posición a0 los cilindros compactadores se retraen volviendo a la posición inicial b0.

### Secuencia de funcionamiento de Circuito 1

Figura 47

Secuencia del Sistema Recolector Hidráulico

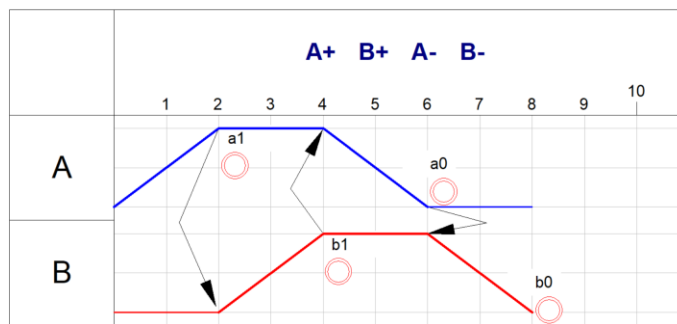


Nota. La imagen muestra la secuencia de los actuadores del sistema (A+ B+ A- B-)

La secuencia del sistema hidráulico que deben seguir los actuadores y sensores se describe y se ilustra en la Figura 47, de la misma manera en la Figura 48 se observa el comportamiento de los cilindros por medio del diagrama espacio destacando que el cilindro elevador (A) es el primero en salir lo que se puede apreciar por medio de la pendiente mientras al mismo tiempo el cilindro compactador se mantiene en su posición representado por un recta horizontal, una vez que el cilindro (A) llega a la posición a1 el cilindro compactador sale de su posición inicial la cual se aprecia por medio su pendiente mientras que el cilindro elevador (A) mantiene su posición, cuando el cilindro (B) llegue a la posición b1 el cilindro (A) regresara a su posición inicial mientras el cilindro (B) se mantiene en su posición hasta que el cilindro (A) llegue a0 para retraerse y cerrar el ciclo.

Figura 48

Diagrama Espacio - Fase Circuito 1



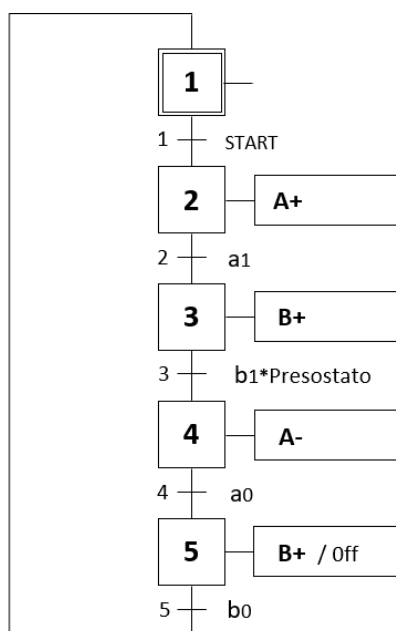
Nota. La imagen ilustra el comportamiento de los actuadores mediante Diagrama E/F.

### Diagrama Graficet del funcionamiento - Circuito 1

En la Figura 49 se muestra el diagrama funcional normalizado del recolector hidráulico la cual muestra los comportamientos sucesivos del sistema, es decir las acciones a realizar y los procesos intermedios las cuales provocan estas mismas.

**Figura 49**

*Diagrama Graficet del Circuito 1*

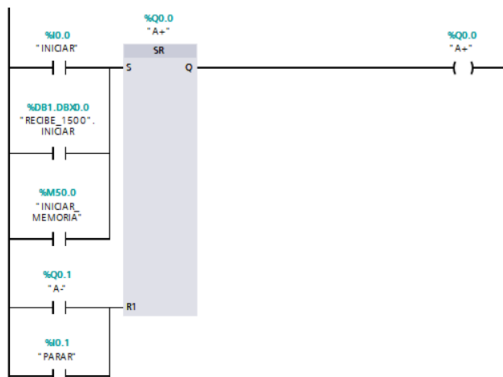


Una vez que empieza la secuencia en la etapa inicial cuya transición es el botón de encendido (pulsador start) que permite activar la etapa 2 la cual tiene como acción asociada el desplazamiento del cilindro A (elevadores) así como transición su respectivo final de carrera (a1), lo que da paso a la etapa 3 cuya acción asociada es el desplazamiento del cilindro B (compactadores) sin embargo la transición en esta etapa no es solo el final de carrera (b1) sino se agrega la activación del presostato esto debido al funcionamiento del recolector hidráulico ya que requiere de cierta presión para compactar dando marcha la etapa 4 la cual es el retraimiento del cilindro A regresando a su posición inicial respectivamente con su transición (a0) activando la etapa final 5 su acción asociada es el retraimiento del cilindro B a su posición inicial (b0) y así finalizando el proceso.

## Programación TIA Portal Circuito 1

Figura 50

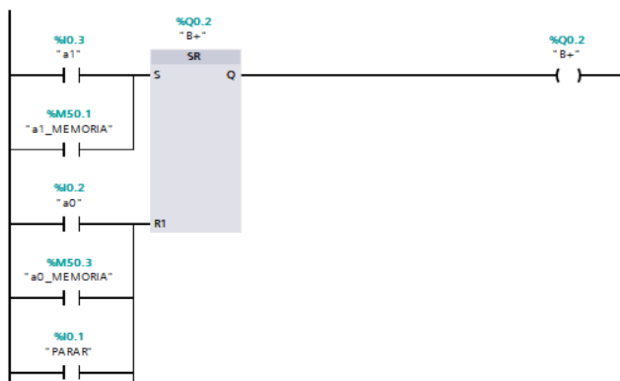
Programación para la secuencia A+



Dentro de la programación de TIA Portal, para lograr que el pistón A salga enviamos una señal hacia una electroválvula mediante el control automático para el cual usaremos un set-reset (SR), claramente se puede ver que el bit que le activara a A+ es INICIAR. Y de igual manera para el apagado esta: A- o puede ser PARAR. (Figura 50)

Figura 51

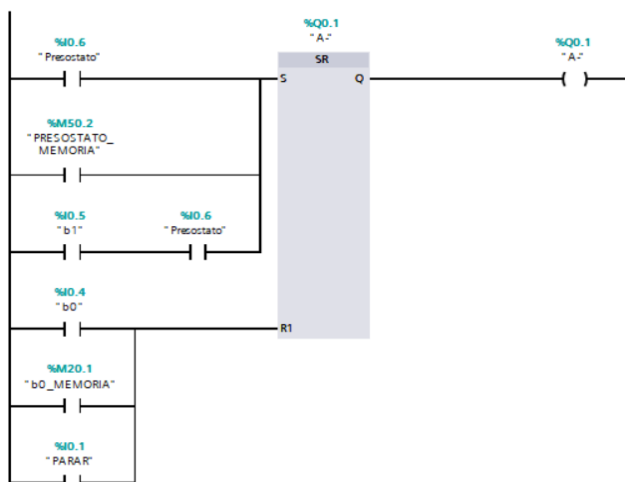
Programación para la secuencia B+ y B-



Para el siguiente punto y lograr que el pistón B salga mandaremos una señal hacia otra electroválvula, para el cual usaremos un set-reset (SR). Se puede ver que el bit que le activara a B+ es a1 del final de carrera. Y de igual manera para el apagado (B-) se utiliza a o puede ser PARAR, debido a que esta electroválvula retorna por medio de un resorte. (Figura 51)

**Figura 52**

*Programación para la secuencia A-*



Finalmente, para cerrar el ciclo se envía una señal para retornar A- pero hay que considerar que A- no retornara si no hay una presión adecuada en el sistema, por lo que para la parte de activación del Bit tenemos que sea necesariamente el presostato, en cambio para la parada del mismo debe estar conectada b0 del final de carrera y el de PARADA. (Figura 52)

**Figura 53**

*HMI Proceso del Sistema del Recolector*

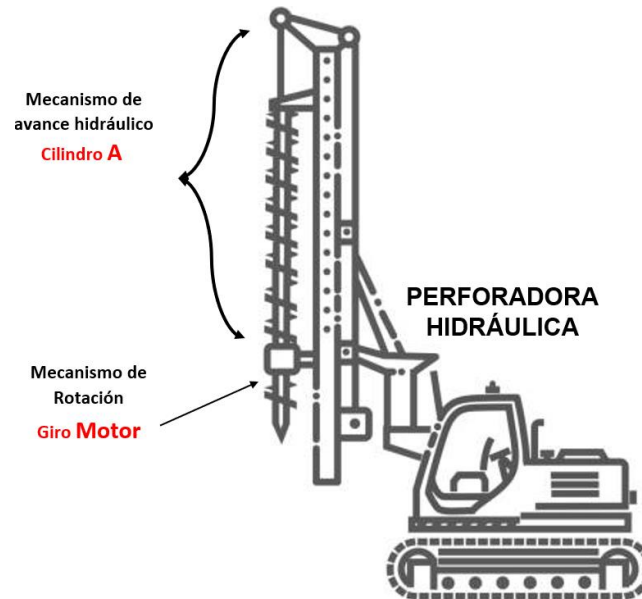


En la Figura 53 se ilustra un HMI del proceso perteneciente al sistema Recolector hidráulico. Esta realizada de una manera dinámica el cual se puede observar el funcionamiento en sí del sistema ya en funcionamiento, así como también el orden de la secuencia.

## Sistema perforador hidráulica

**Figura 54**

*Sistema hidráulico 2 (Perforadora)*



Para el siguiente sistema nos enfocaremos específicamente en el cabezal principal de la perforadora que corresponde al eje delantero, el cual consta de un eje rotor y un pistón; Giro motor y cilindro A.

En la Figura 54 se observa los elementos de giro y el pistón A, mismos que tienen como función accionar mediante la presión de un fluido hidráulico. La perforadora se pone en funcionamiento una vez que la máquina está correctamente segura y posicionada en el lugar a perforar, se conocen distintas maneras de funcionamiento de una perforadora, sin embargo, esta aplicación realiza su proceso de la siguiente manera; enciende el motor (Giro on) este giro permanece encendido durante 5 segundos, esto con la finalidad de romper la inercia. Seguidamente se activa el pistón A conjuntamente del giro de la perforadora activa. Una vez que haya llegado a su límite inferior del pistón A, el motor sigue girando por unos 3 segundos asegurándose que haya realizado la perforación correctamente. Finalmente regresa a su posición original pero esta vez ya con el motor de giro apagado (off), culminado el ciclo.

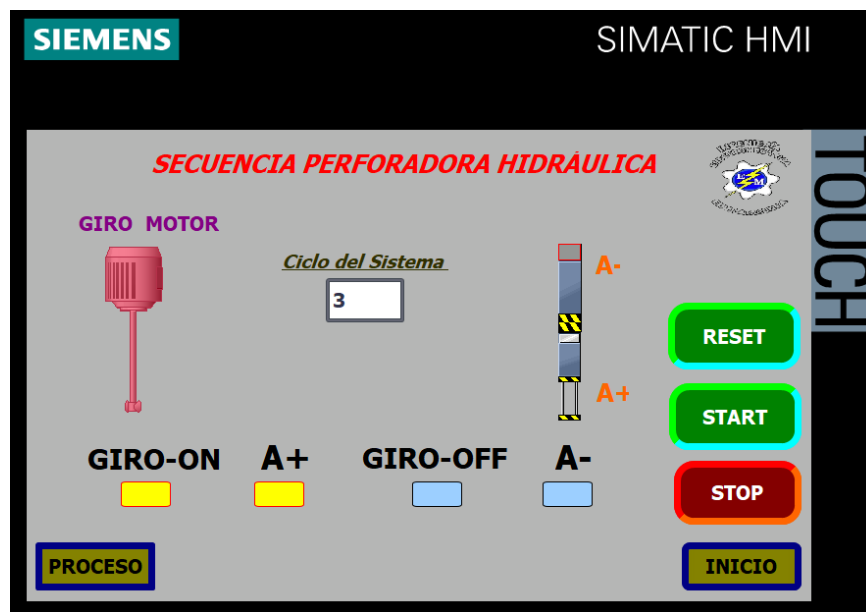


### Secuencia Perforadora

- **On Giro** → Inicia la rotación y haciendo girar la perforadora (Giro motor)
- **A+** → El mecanismo de avance se activa mediante una presión hidráulica inyectada, produciendo la perforación de la superficie.
- **Off Giro \* A-** → El motor y el pistón se detienen cuando ya llegan a su límite, y seguidamente empiezan a regresar a su punto ideal de partida

Figura 55

HMI Secuencia del Sistema Perforadora



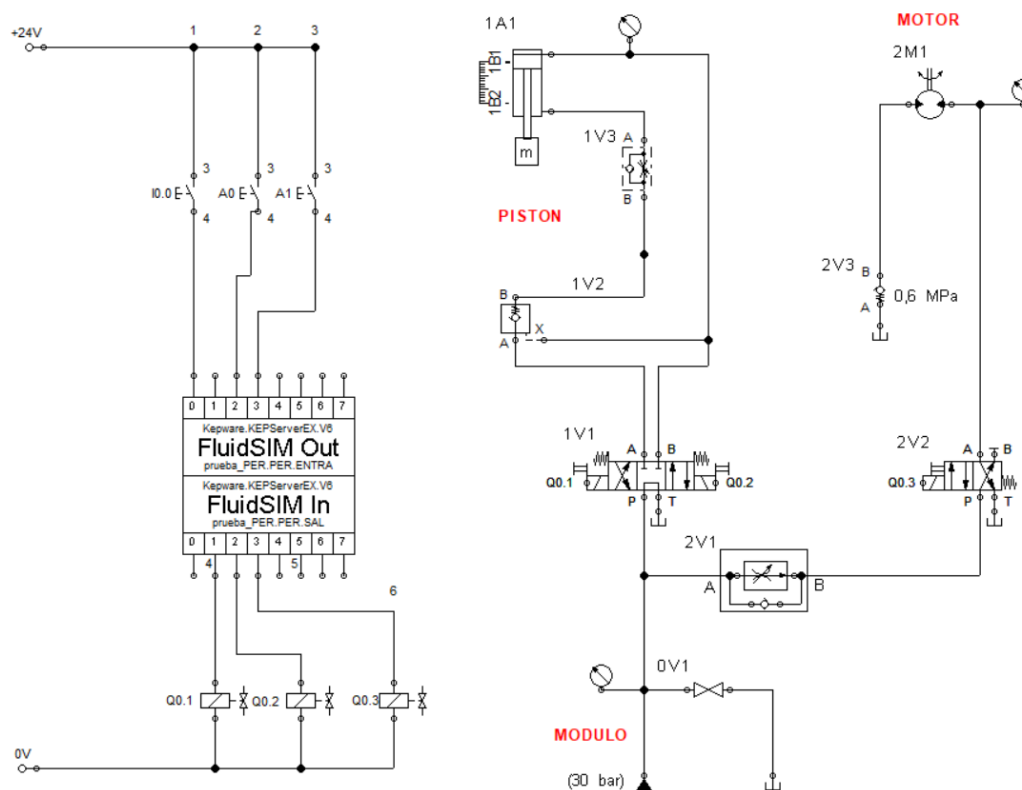
De la misma forma en la Figura 55 se visualiza el sistema de la perforadora, específicamente la parte de la secuencia (Giro-on A+ Giro off A-), al igual se puede observar los elementos de entrada como es el final de carrera del pistón A (a0 y a1) esto le permite accionar al sistema ya sea de manera de avance y de retorno.

De igual manera el sistema consta de un contador, la función de este contador sigue siendo el de generar un reporte de funcionalidad, permitiendo llevar a cabo una estrategia adecuada de mantenimiento de acuerdo a las veces o ciclos que a generado el sistema dentro de un determinado periodo de tiempo.

## Simulación FluidSIM Circuito 2

Figura 56

Circuito hidráulico de la Perforadora



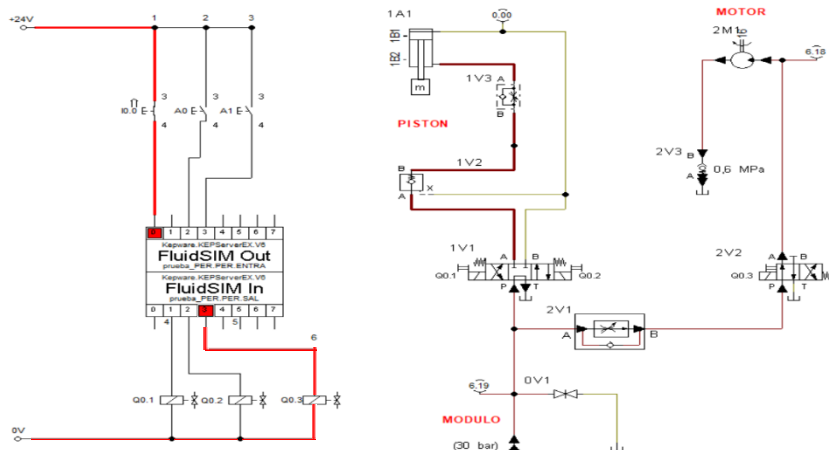
La Figura 56 muestra cómo se realizará la conexión para el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta válvulas reguladoras de flujo y de presión.

La válvula reguladora de presión ayuda a mantener la fuerza de los cilindros según la presión a la que esta calibrada y así realizar la actividad de la perforación adecuadamente con la presión necesaria, por otro lado, la válvula reguladora de caudal ayuda a las variaciones de velocidad según se presenta la situación, afectando directamente el giro del motor o el avance del pistón.

Al realizar las simulaciones hidráulicas en el software nos permite realizar pruebas de manera eficiente, evitando perdidas ya sea por fugas o por desgaste del ciclo de vida de los activos.

**Figura 57**

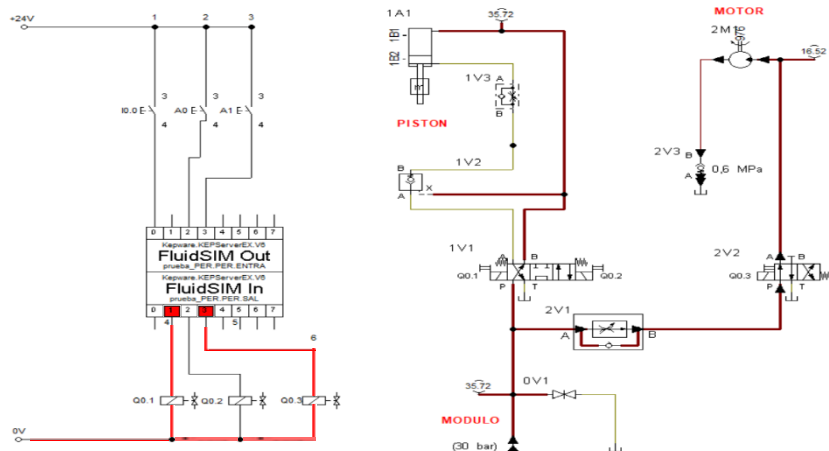
*Circuito en funcionamiento (Giro\_ON)*



La Figura 57 se observa que el pulsador da inicio a la secuencia activando el motor hidráulico gracias a la presión que pasa por la válvula solenoide 4/2, mientras que la válvula solenoide 4/3 evita que se active el cilindro de doble efecto debido a un temporizador, una vez cumplido el tiempo establecido la válvula dará paso a la presión para que active.

**Figura 58**

*Circuito en funcionamiento (A+)*

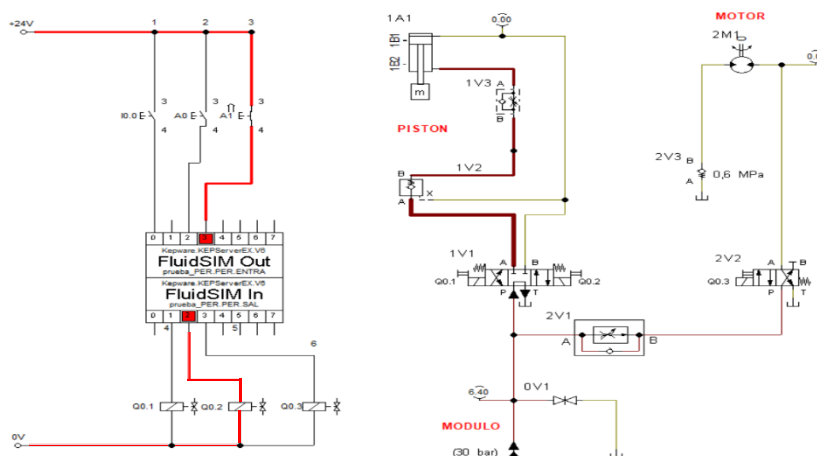


El Módulo FluidSIM Out controla el pistón y el motor, la cual envía una señal al motor para que gire y recibe una señal del pistón para indicar su posición la activa mediante una señal eléctrica desde el PLC en la Figura 58.

Respecto al Pistón A empuja el fluido a través del circuito y envía una señal al módulo FluidSIM Out para indicar su posición lo cual activa cuando el motor gira se aprecia de color Verde (presión baja). Válvula de control direccional controla el flujo de fluido a través del circuito la cual se activa mediante una señal eléctrica desde el PLC u otro dispositivo de control permitiendo o bloqueando el flujo de fluido.

**Figura 59**

*Circuito en funcionamiento (Giro\_OFF y A+)*

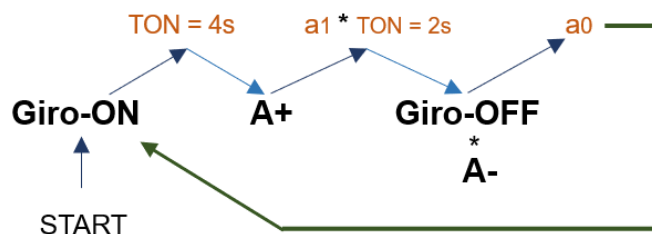


En esta secuencia se observa que el motor deja de girar ya que se libera la presión en la válvula solenoide 4/2 sin embargo el cilindro sigue extendido por la válvula estranguladora hasta que la válvula solenoide 4/3 reciba la señal con lo cual permita que el cilindro regrese.

### **Secuencia de funcionamiento de Circuito 2**

**Figura 60**

*Secuencia del Sistema Perforadora Hidráulico*

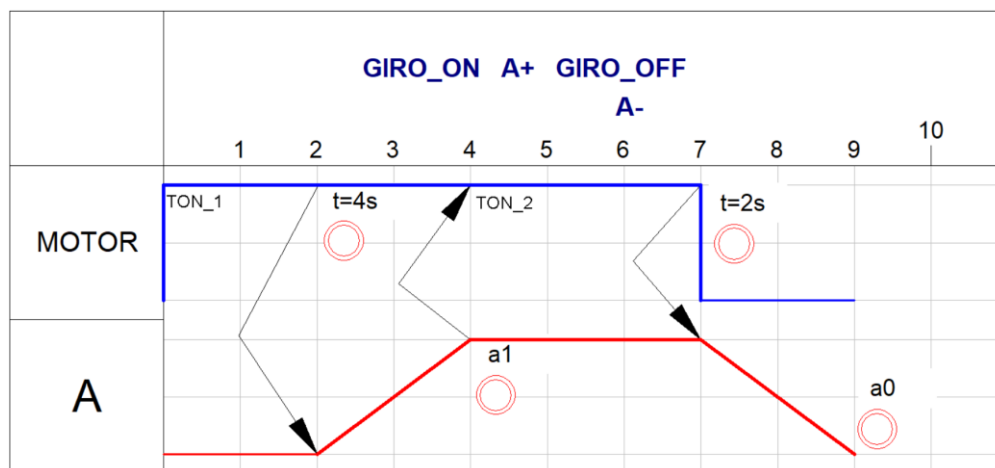


*Nota.* La imagen muestra la secuencia de actuadores (Giro ON A+ Giro OFF \* A-)

La secuencia del sistema de la Perforadora hidráulica que deben seguir los actuadores y sensores se describe y se ilustra en la Figura 60, de la misma manera, en la Figura 61 se observa el comportamiento del cilindro y motor hidráulico por medio del diagrama espacio, respecto al motor al iniciar la secuencia este se activa mientras que el cilindro (A) se mantiene en su posición hasta que el temporizador (4s) mande una señal a la válvula solenoide la cual permite que el cilindro se desplace hasta la posición (a1) en el cual se mantienen encendidos hasta un tiempo determinado en este caso (2s), pasado ese tiempo la bomba se apaga y el cilindro regresa a su posición original (a0).

**Figura 61**

*Diagrama Espacio - Fase Circuito 2*



*Nota.* La imagen ilustra el comportamiento de los actuadores mediante Diagrama E/F. perteneciente al sistema de la Perforadora Hidráulica.

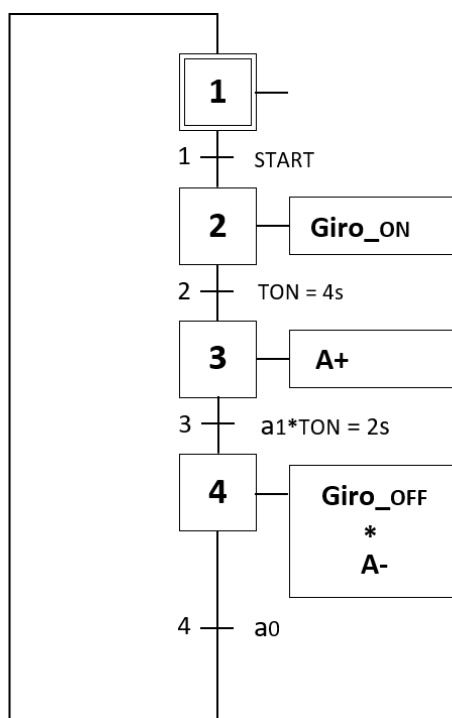
De esta forma se logra representar el funcionamiento de los actuadores que intervienen en cada uno de los circuitos hidráulicos, permitiéndonos visualizar de manera clara el comportamiento de los elementos como son los cilindros, las señales que los provocan, así como también el orden cronológico de las fases de cada sistema. Figura 61.

### Diagrama Grafcet del funcionamiento - Circuito 2

Mediante el desarrollo del diagrama grafcet se da a conocer el comportamiento del sistema hidráulico de una manera clara y concisa. En la Figura 62 se muestra un ejemplo de dicho desarrollo.

#### Figura 62

Diagrama Grafcet del Circuito 2



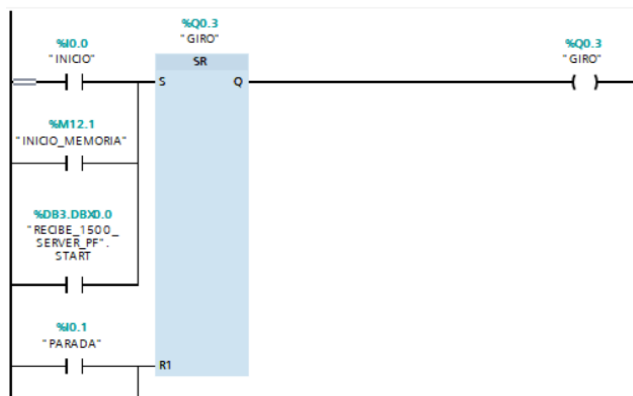
*Nota.* se puede observar 4 etapas a seguir cada una con su respectiva acción a desarrollar

Una vez que empieza la secuencia, la Figura 62 muestra la etapa inicial cuya transición es el botón de encendido (pulsador start) permite activar la etapa 2 la cual tiene como acción asociada el encendido del motor así como transición la activación de un temporizador de (4s) dando paso a la etapa 3 cuya acción asociada es el desplazamiento del cilindro A y su transición es el final de carrera (a1) y a su vez un tiempo determinado (2s) para dar paso a la etapa final que es apagar el motor hidráulico y retraer el cilindro (A) hasta la posición (a0).

## Programación TIA Portal Circuito 2

**Figura 63**

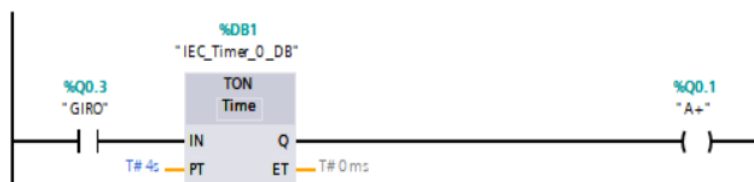
*Programación para el giro de la Perforadora*



En la Figura 63 se observa la programación mediante un SR para activar y desactivar el giro del motor mediante INICIO, para cancelar el giro usaremos PARADA.

**Figura 64**

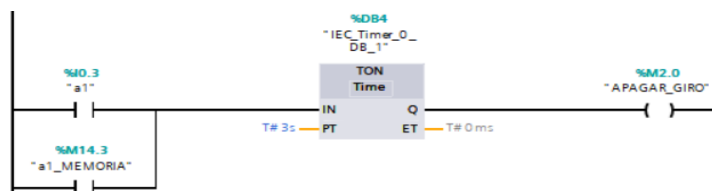
*Programación para el accionamiento A+*



En la siguiente línea de programación se observa la implementación de un (TON) el cual le activara la salida de GIRO, dando paso al avance del pistón hidráulico (A+). (Figura 64)

**Figura 65**

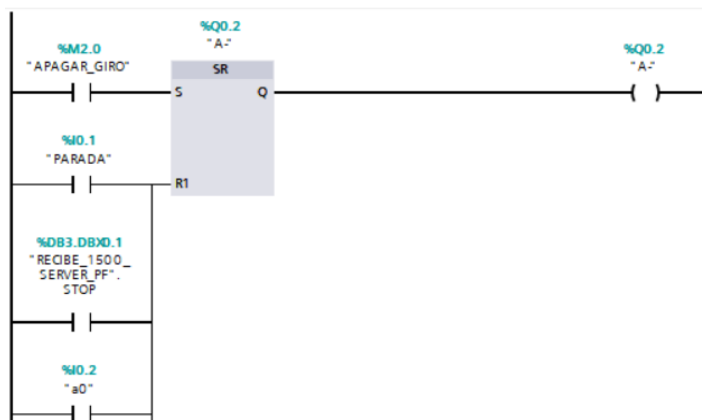
*Programación para apagar el Giro de la Perforadora*



Finalmente, para el apagado del giro del motor a1 activara un temporizador mandando una señal a la electroválvula para cancelar el fluido hidráulico. (Figura 65)

**Figura 66**

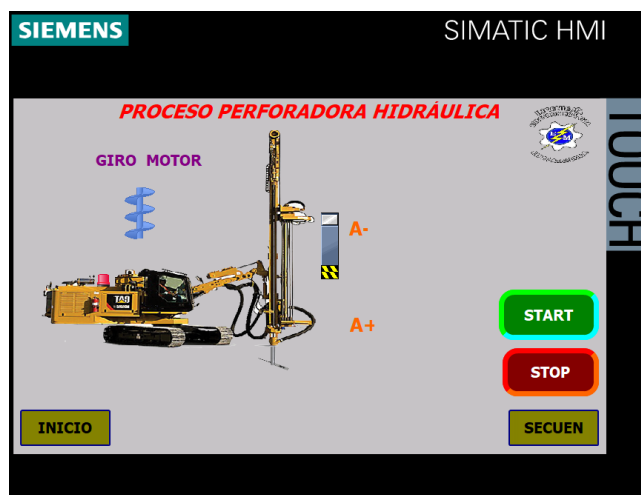
*Programación para el accionamiento A-*



En la Figura 66, para finalizar y cerrar el ciclo de funcionamiento (A-) se usa un SR, el cual (APAGAR GIRO) es el bit que activa la función. Mientras que PARADA ó a0 son los encargados de desactivar la función a realizar en ese momento.

**Figura 67**

*HMI Proceso del Sistema de la Perforadora*



Para visualizar el funcionamiento de dicho sistema en la Figura 67 se presenta un HMI, el cual incluye el sistema hidráulico de manera automatizada y visualmente está representando los accionamientos de los elementos en tiempo real el cuales son los siguientes; el motor hidráulico para la rotación y el vástago del accionamiento para realizar el avance.



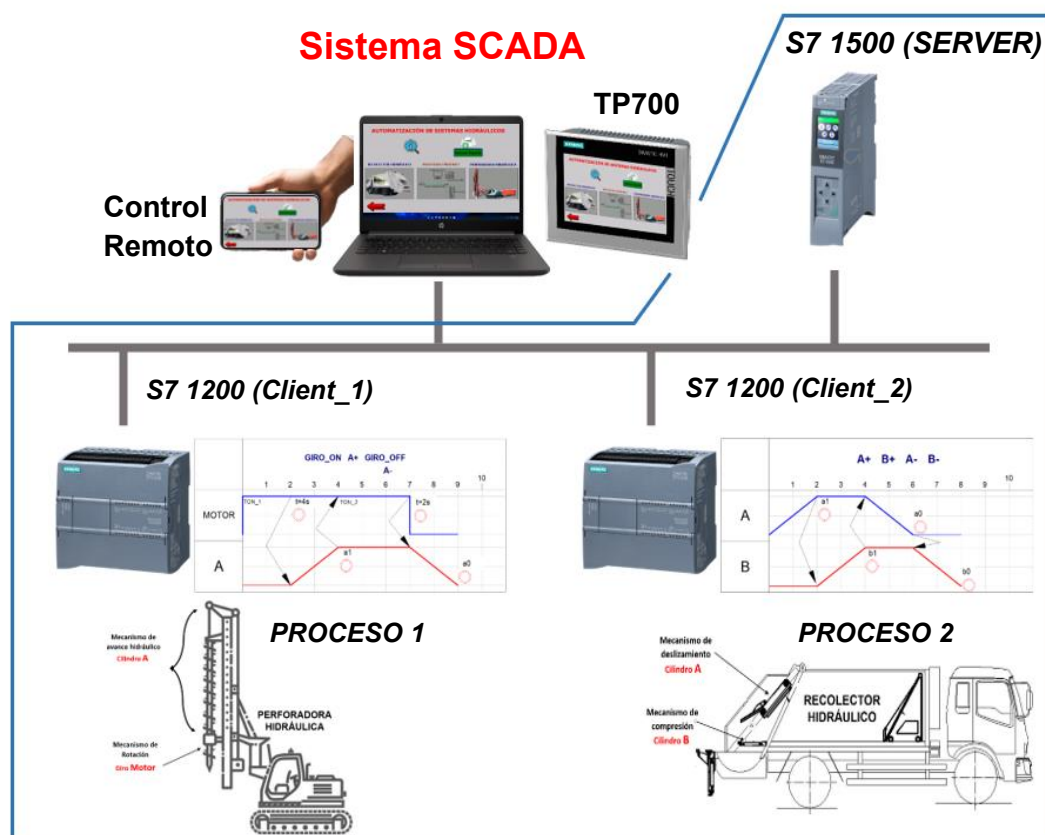
## Protocolo de comunicación PROFINET

En la automatización un protocolo de comunicación es necesario e importante para la industria debido a las características y capacidades que presentan, y se las menciona a continuación: comunicación en tiempo real, flexibilidad y una gran capacidad avanzada de diagnóstico.

**S7-1500 CPU 1511-1 PN (6ES7511-1AK00-0AB0) (SERVER)**

**Figura 68**

*Sistema SCADA de los procesos hidráulicos*



PROFINET es un protocolo de comunicación industrial de red abierta que se utiliza a fin de la interacción de datos en la industria de la automatización. Basados en Ethernet Industrial.

Para establecer una comunicación PROFINET entre un PLC S7 1500 como servidor y dos PLC S7 1200 como clientes, se debe seguir los siguientes pasos según la Figura 68:

- Configurar el PLC S7 1500 como servidor PROFINET, asignándole una dirección IP, un nombre de dispositivo y un nombre de estación. También se debe configurar el puerto Ethernet del PLC como interfaz PROFINET y crear un proyecto en el software TIA Portal.
- Configurar los PLC S7 1200 como clientes PROFINET, asignándoles una dirección IP, un nombre de dispositivo y un nombre de estación. También se debe configurar el puerto Ethernet de cada PLC como interfaz PROFINET y crear un proyecto en el software TIA Portal.
- Conectar los PLC mediante un cable Ethernet o un switch, para unir en una sola red de comunicación los PLCs implicados en el proceso.
- Añadir los PLC S7 1200 como dispositivos PROFINET en el proyecto del PLC S7 1500, y asignar los módulos de E/S de cada PLC estableciendo las conexiones de datos entre el servidor y los clientes.
- Cargar el programa de automatización en el PLC S7 1500 y los PLC S7 1200, verificando que no haya errores ni advertencias. Iniciar la comunicación PROFINET y comprobar el funcionamiento de los dispositivos.

Finalmente asegurarse que la comunicación este realizada correctamente mediante envíos de datos desde el server hacia los clientes, esto se puede comprobar mediante la pantalla TP700 Siemens el cual contendrá todos los HMI de ambos procesos por medio de un sistema SCADA (CPU del operario). A más de eso también se puede visualizar y controlar los procesos mediante un control remoto realizado por un teléfono celular.

**Figura 69**

*Enviar de datos desde el servidor hacia el cliente (PROFINET)*



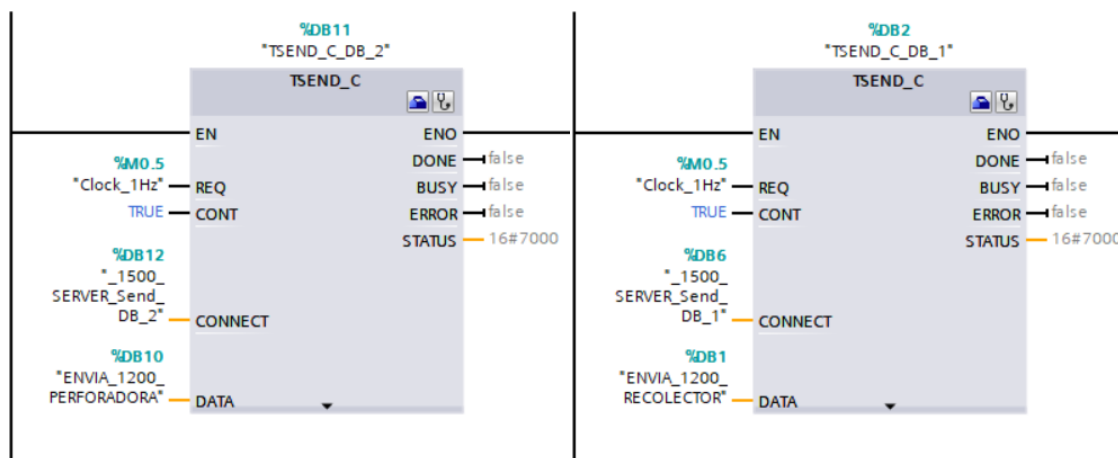
En la Figura 69 se realiza un protocolo de comunicación PROFINET. Usaremos el PLC 1511-1PN, mismo que será el encargado envía datos hacia los demás PLC's quien serán los encargados de recibir las señales para realizar una determinada actividad (INICIO – PARO).

Las ventajas que presenta el protocolo de comunicación PROFINET son muy amplias, sin embargo, aquí mencionaremos las siguientes:

- Preparación de datos
- Generación de paquetes de datos
- Envió a través de la red

**Figura 70**

*PROFINET – TSEND (SERVER)*



La función T\_send es una instrucción que se utiliza para enviar datos vía Ethernet (TCP) desde un PLC a otro dispositivo. Dicha función TSEND\_C\_DB\_2 (%DB11) y TSEND\_C\_DB\_1 (%DB2) está colocada dentro del Bloque de organización (main) del PLC S7 1500, mismo que están programados como servidor (Server) a fin de mandar datos y señales a los PLCs clientes (Clients). Dichos datos a enviar son señales de start, stop, para ambos procesos hidráulicos, estas funciones de envío se pueden observar en la Figura 70.

En la Tabla 14 se da a conocer las variables enviadas desde el Servidor, dichas señales tienen la función general para ambos procesos de encender, apagar y resetear.

Al presionar start, los procesos independientemente se activan para arrancar con el ciclo de funcionamiento, caso contrario sucede al activar o presionar la señal de stop, ya que ara detener el sistema totalmente. Sin embargo, los sistemas constan de un reset, la funcionalidad del reset es resetear los datos acumulados con el fin de generar un nuevo reporte dependiendo de la necesidad de analizar los datos.

**Tabla 14**

*Señales enviadas desde el server (S7 1500)*

	<b>Proceso</b>	<b>Start</b>	<b>Stop</b>	<b>Reset</b>
<b>Sistema Hidráulico 1</b>	Perforadora	Encendido	Apagado	Reseteado reporte
<b>Sistema Hidráulico 2</b>	Recolector	Encendido	Apagado	Reseteado reporte

*Nota.* Mediante un protocolo de comunicación logramos armar un sistema SCADA, mismo que nos ayuda a tener control absoluto de los sistemas hidráulicos.

**PLC 1214C DC/DC/DC Perforadora (Client 1) - Recolector (Client 2)**

**Figura 71**

*Enviar de datos desde el cliente hacia el servidor (PROFINET)*

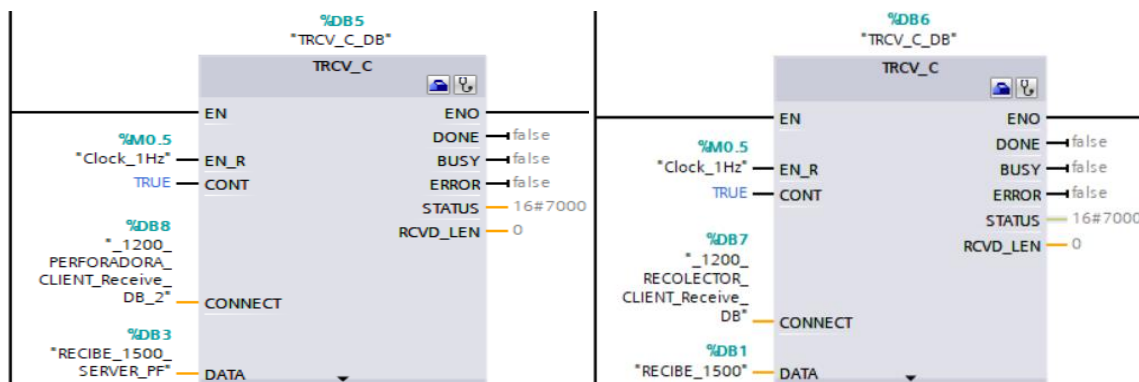


La Figura 71 hace referencia a la otra parte del protocolo de comunicación PROFINET que viene hacer el recibe (TRCV) esta parte se caracteriza por lo siguiente: Recepción de paquetes de datos, confirmación de recepción, etc.

Los PLC's clientes (S7 1200) será los que envían datos al PLC server (S7 1500), a fin de tener un informe del comportamiento de los procesos hidráulicos. El Servidor será el encargado de acumular datos proporcionados y realizar un reporte de accionamientos de dichos actuadores, mismo que será usado para realizar respectivos análisis.

**Figura 72**

*PROFINET – TRCV (Client) Perforadora – Recolector*



En la Figura 72 se puede visualizar a la función T\_RCV, conocida como una instrucción que se utiliza para recibir datos vía Ethernet (TCP) desde un PLC a otro dispositivo. Dicha función TRCV\_C\_DB (%DB5) y TRCV\_C\_DB (%DB6) está colocada dentro del Bloque de organización (main) de los PLC S7 1200, mismo que están programados como clientes (Clients) a fin de recibir datos y señales proporcionado por el PLC S7 1500 Servidor (Server).

**Tabla 15**

*Señales enviadas desde el Client (S7 1200)*

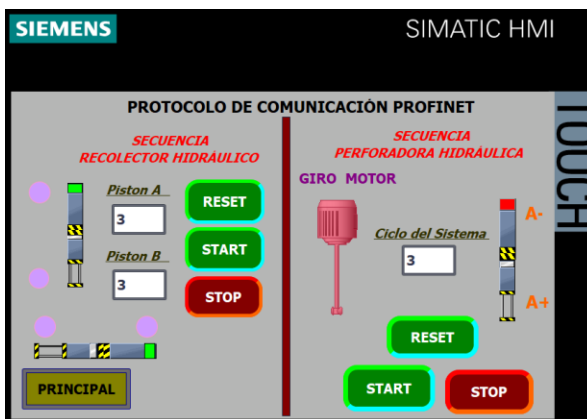
	<b>Sistema Hidráulico 1</b>	<b>Reporte</b>	<b>Sistema Hidráulico 2</b>	<b>Reporte</b>
	Perforadora	1	Recolector	2
Dato 1	A+	-	A+	x
Dato 2	A-	-	A-	x
Dato 3	A0	-	B+	-
Dato 4	A1	-	B-	-
Dato 5	Giro_ON	x	a1	-
Dato 6	Giro_OFF	x	a0	-
Dato 7	-	-	b0	-
Dato 8	-	-	b1	-

En la Tabla 15 se enlistan los datos del comportamiento de los dos procesos tanto de la Perforadora hidráulica, como el del Recolector hidráulico, estos datos son enviados al PLC servidor a fin de recopilar información.

La finalidad de la obtención de datos es llevar a cabo el comportamiento de los elementos de cada proceso según su funcionamiento para desarrollar una estrategia de mantenimiento, y así alargar la vida útil del sistema y por ende tener una mayor seguridad en el manejo de cada proceso hidráulico.

**Figura 73**

*HMI del protocolo de comunicación PROFINET*



En el HMI que se puede observar en la Figura 73 muestra los dos procesos hidráulicos controlados mediante un sistema SCADA, que mediante una red de comunicación PROFINET ayuda a la interacción de PLCs para el envío y llegada de datos, con la finalidad de llevar un reporte el cual evidencie los accionamientos de cada elemento que esté involucrado a los respectivos procesos hidráulicos

### **APP (Smart-Client)**

La APP Smart-Client es una aplicación desarrollada por Siemens, el cual presenta una variedad de características y ventajas enfocado en la automatización. Sin embargo, el objetivo principal de esta aplicación es el control del sistema desde un HMI, mismo que está conectada a la pantalla TP700 Confort 7”

**Figura 74**

*APP Smart - Client*



*Nota.* La aplicación es una extensión que presenta la pantalla TP700 Confort 7”, por lo que se recomienda que el teléfono se encuentre en la misma red en la que está conectada el sistema.

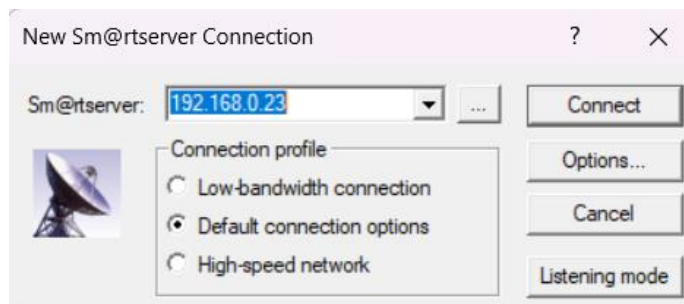
A continuación, se menciona las ventajas y beneficios que trae la aplicación Smart Client mostrada en la Figura 74

- Control remoto: Permite el control de dispositivos y electrodomésticos desde cualquier lugar utilizando la aplicación, brindando comodidad y flexibilidad.
- Configuración personalizada: La aplicación Smart Client permite configurar ajustes básicos de programas desde el teléfono celular.
- Acceso a servicios: La APP nos permite acceder a todos los servicios de Siemens en cualquier momento, lo que te brinda la posibilidad de disfrutar de todos los beneficios que ofrecen.

Hay que tener en cuenta el IP del sistema (pantalla TP700 Confort 7”) al que corresponde ya esta aplicación debe permanecer en red a los dispositivos en donde se ha cargado el código de la programación.

### Figura 75

*New Sm@rt\_server Connection*



La Figura 75 muestra la ventana a configurar, tanto la dirección como el de la red, permitiéndonos realizar la conexión entre la aplicación (Smart Client) y la pantalla (TP700 Confort 7”). En donde se sube el el programa del HMI de los sistemas a controlar de tal manera que al sistema SCADA de los procesos también se lo puede controlar de manera remota que viene siendo el teléfono celular y junto a la ayuda de la aplicación Sm@rt Client.



**Figura 76**

*HMI del Sistema Hidráulico General*



Finalmente se obtiene el resultado de la programación de manera visual, mismo que se encuentra cargado a la pantalla del sistema, este HMI permite el control master de ambos sistemas hidráulicos (Perforadora, Recolector), así como también la comunicación (PROFINET) entre los dispositivos (1511-1PN\_server, 1214C DC/DC/DC\_client 1 y 1214C DC/DC/DC\_client 2). Asegurándose obtener y llevar a cabo el control de funcionamiento desde el teléfono móvil en tiempo real de todos los elementos involucrados para el presente trabajo de automatización hidráulica. El resultado del HMI observado desde la el celular se presenta en la Figura 76.

**Figura 77**

*Control remoto y Sistema SCADA de los Procesos Hidráulicos*



## Capítulo IV

### Pruebas y Análisis de Resultados

#### Pruebas

##### *Pruebas Eléctricas*

- Motor – Bomba
- Electroválvulas
- Sistema eléctrico del Módulo Universal Degem System
- Tableros – módulos didácticos

La Tabla 16 muestra las pruebas eléctricas aplicadas al módulo hidráulico Universal Degem System, estas pruebas consistieron en el análisis de valores y parámetros eléctricos como es el voltaje, la corriente, aislamiento, entre otros.

**Tabla 16**

##### *Pruebas Eléctricas aplicadas al Módulo Hidráulico*

N°	Prueba	Descripción	Resultado
1	Motor – Bomba	Verificación del funcionamiento del motor de la bomba.	Voltaje: 230V Corriente: 10A Continuidad: OK
2	Electroválvulas	Pruebas individuales de activación y desactivación, apertura y cierre de las electroválvulas.	Resistencia Bobina 1: 32 $\Omega$ Resistencia Bobina 2: 32 $\Omega$ Resistencia Bobina 3: 30 $\Omega$ Funcionamiento: OK
3	Tableros – módulos didácticos	Verificación de la distribución de energía y pruebas de módulos.	Distribución: Correcta, Módulo 1: OK, Módulo 2: OK

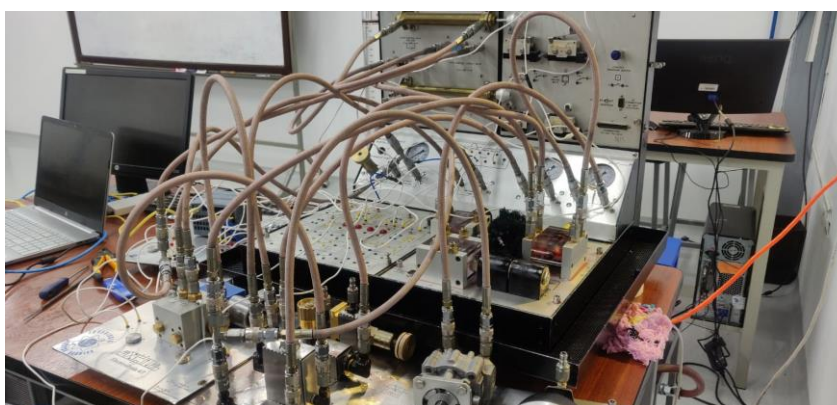
N°	Prueba	Descripción	Resultado
4	Sistema eléctrico del Módulo Universal Degem System	Inspección visual y pruebas de componentes eléctricos.	Fusibles: Intactos, Relés: Funcionando, Aislamiento: Correcto Conexiones: OK

*Nota.* En la presente tabla se menciona los componentes del módulo Universal que estén relacionado con la parte eléctrica y electrónica.

La Figura 78 se ilustra la conexión del circuito de control, en donde se realizó las pruebas eléctricas, a fin de revisar valores de parámetros eléctricos dentro del rango establecido por el fabricante, mismo que se detectó mediante la placa de datos que presenta cada elemento del módulo, de la misma manera se revisó que presente continuidad en todos los conductores, así como también elementos eléctricos como relés, bobinas, fusibles. Estos parámetros se pueden ver en la Tabla 16 específicamente en los Puntos 2, 3 y 4.

### Figura 78

*Circuito de Control Eléctrico del Sistema*



*Nota.* El circuito de control es alimentado con 24 V dc, el cual es tomado del mismo módulo aprovechando la fuente eléctrica que presenta.

La Figura 79 muestra el sistema eléctrico de la bomba hidráulica el cual es alimentado con un voltaje de 230 V, sin embargo, este sistema consta de un transformador a fin de aumentar el voltaje que proporciona los tomacorrientes del laboratorio (110 V a 230 V).

### **Figura 79**

#### *Conexión eléctrica de la bomba hidráulica*



*Nota.* La alimentación eléctrica de la bomba es alimentada con corriente alterna, el cual es tomada desde el tomacorriente proporcionada por el laboratorio (110 V).

Las pruebas eléctricas aplicadas a la bomba se lo realizo mediante la verificación de los parámetros eléctricos, comparando tanto con los valores medidos como los valores proporcionados por el fabricante (datasheet). De esta manera aseguramos el correcto funcionamiento de los equipos evitando desgastes prematuros o lo que viene ser averías inesperadas. Estos parametros se puede ver en la Tabla 16 específicamente en el Punto 1.

#### ***Pruebas Mecánicas***

- Bomba
- válvulas direccionales
- válvulas de caudal
- válvulas de presión

- válvulas antirretornos
- Fugas del sistema hidráulico del Módulo Universal Degem System
- Tableros – módulos didácticos

**Tabla 17***Pruebas Mecánicas aplicadas al Módulo Hidráulico*

<b>N°</b>	<b>Prueba</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
1	Bomba	Medición de flujo y presión de la bomba.	Flujo: 10 L/min, Presión: 1500 psi, Sin fugas
2	válvulas direccionales	Pruebas de apertura/cierre y dirección del flujo.	Válvula 1: Apertura/Cierre OK, Dirección: Correcta
3	válvulas de caudal	Ajuste y medición del caudal según especificaciones.	Válvula 2: Ajuste Conforme, Caudal: 5 L/min
4	válvulas de presión	Ajuste y medición de la presión de acuerdo con las especificaciones.	Válvula 3: Ajuste Conforme, Presión: 20 – 80 bar
5	válvulas antirretornos	Verificación de la funcionalidad antirretorno.	Válvula 4: Funcionando correctamente, Sin retroceso
6	Fugas del sistema hidráulico del Módulo Universal Degem System	Inspección visual y pruebas de presión para identificar fugas.	Sin fugas detectadas
7	Tableros – módulos didácticos	Verificación de la operación mecánica de los módulos.	Válvula Manual: OK, Actuador: Funcionando

*Nota.* Las pruebas Mecánicas aplicadas a los elementos electrohidráulicos se basan en la capacidad física que presenta cada al momento de cumplir su función.

En la Figura 80 se puede observar al sistema de alimentación hidráulico el cual consta del elemento principal (Bomba - motor) con sus respectivos elementos auxiliares como son el Carter, los manómetros y las mangueras, así como también la parte del control eléctrico.

A este sistema se aplicó las pruebas mecánicas como se muestra en la Tabla 17 específicamente en los puntos 1 y 6, con la ayuda de la placa de datos de la bomba se determinó los parámetros físicos como es el caudal y presión que proporciona la bomba para abastecer de una manera adecuada y eficiente al sistema hidráulico Universal Degem System.

### **Figura 80**

*Bomba hidráulica - Sistema de Alimentación*



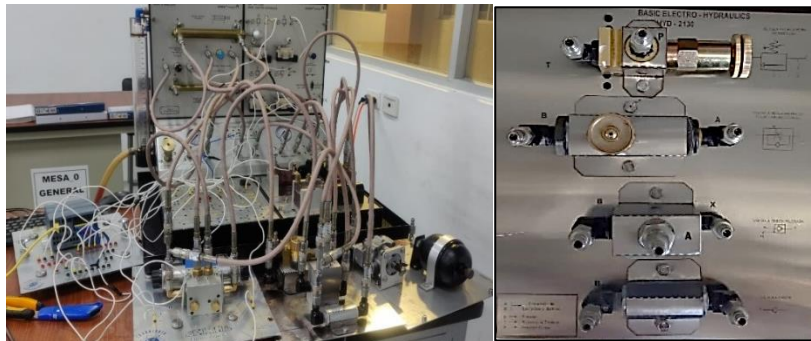
*Nota.* La figura ilustra la bomba hidráulica del módulo Universal Degem System ya en funcionamiento después de aplicar correctamente el RCM

De la misma manera en la Figura 80 se realizó una inspección visual y pruebas de presión para identificar fugas, obteniendo como resultado luego de a ver aplicado el mantenimiento vasado en la confiabilidad (RCM), que no presenta fugas de líquido hidráulico, manteniendo seco el módulo para un uso óptimo y eficaz del mismo.

También se aplicó pruebas mecánicas al módulo Universal Degem System y componentes como se muestra en la Figura 81, mediante parámetros establecidos por el fabricante se comprobó que las válvulas tanto de accionamiento eléctrico como las válvulas de accionamiento manual reaccionan eficazmente a la apertura y cierre de manera correcta

### Figura 81

*Circuito hidráulico - Pruebas mecánicas*

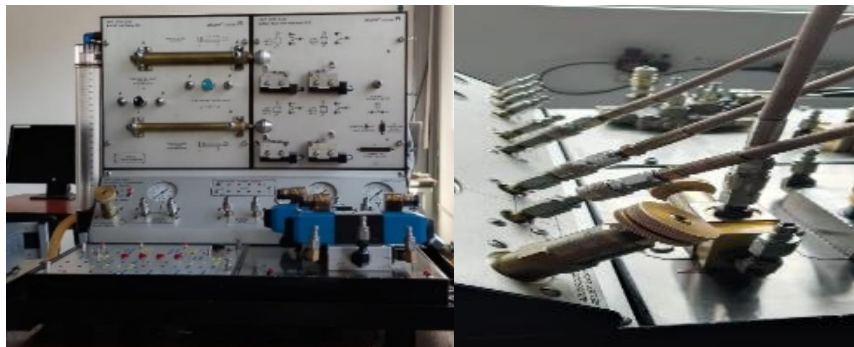


*Nota.* La figura ilustra al módulo hidráulico en funcionamiento junto a sus respectivas válvulas.

Estas pruebas mecánicas aplicadas tanto al módulo como a los componentes hidráulicos se pueden observar en los puntos 2, 3, 4, 5 y 7 mencionados en la Tabla 17. Son parámetros obtenidos del datasheet el cual permite regular parámetros físicos como es la presión y el caudal mediante el accionamiento de la apertura y cierre de las mismas.

### Figura 82

*Inspección visual del módulo hidráulico luego de su uso.*



*Nota.* La figura ilustra de manera visual el tablero y las conexiones hidráulicas.

Finalmente, una vez comprobado los parámetros físicos del sistema y sus componentes se encuentre funcionando dentro de los rangos establecidos, realizamos una inspección visual a fin de garantizar que el sistema Universal Degem System no presente ninguna anomalía mediante fugas del flujo hidráulico, el cual como resultado de dicha prueba visual no presenta ninguna fuga de fluido en dicho sistema.

### **Pruebas de Comunicación**

PROFINET, Un servidor, dos clientes, TP700, Sistema PC\_SCADA, Celular

**Tabla 18**

*Pruebas de comunicación dentro del programa*

<b>N°</b>	<b>Prueba</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
1	Programación de la Red PROFINET	Verificación de la correcta programación de los dispositivos.	Direcciones IP asignadas correctamente Enviar datos: OK Recibir datos: OK
2	Un servidor y dos clientes	Pruebas de comunicación entre clientes y servidor.	Comunicación estable, Transferencia de datos exitosa en tiempo real
3	HMI TP700	Evaluación de la interfaz de usuario y la interactividad.	Interfaz: Intuitiva, Interactividad: Correcta
4	Sistema PC_Scada	Confirmación de la comunicación efectiva con el sistema SCADA.	Supervisión y control: Exitosos
5	Dispositivo móvil – Celular	Verificación de la conexión remota desde un dispositivo móvil.	Acceso remoto: OK, Control: Funcionando

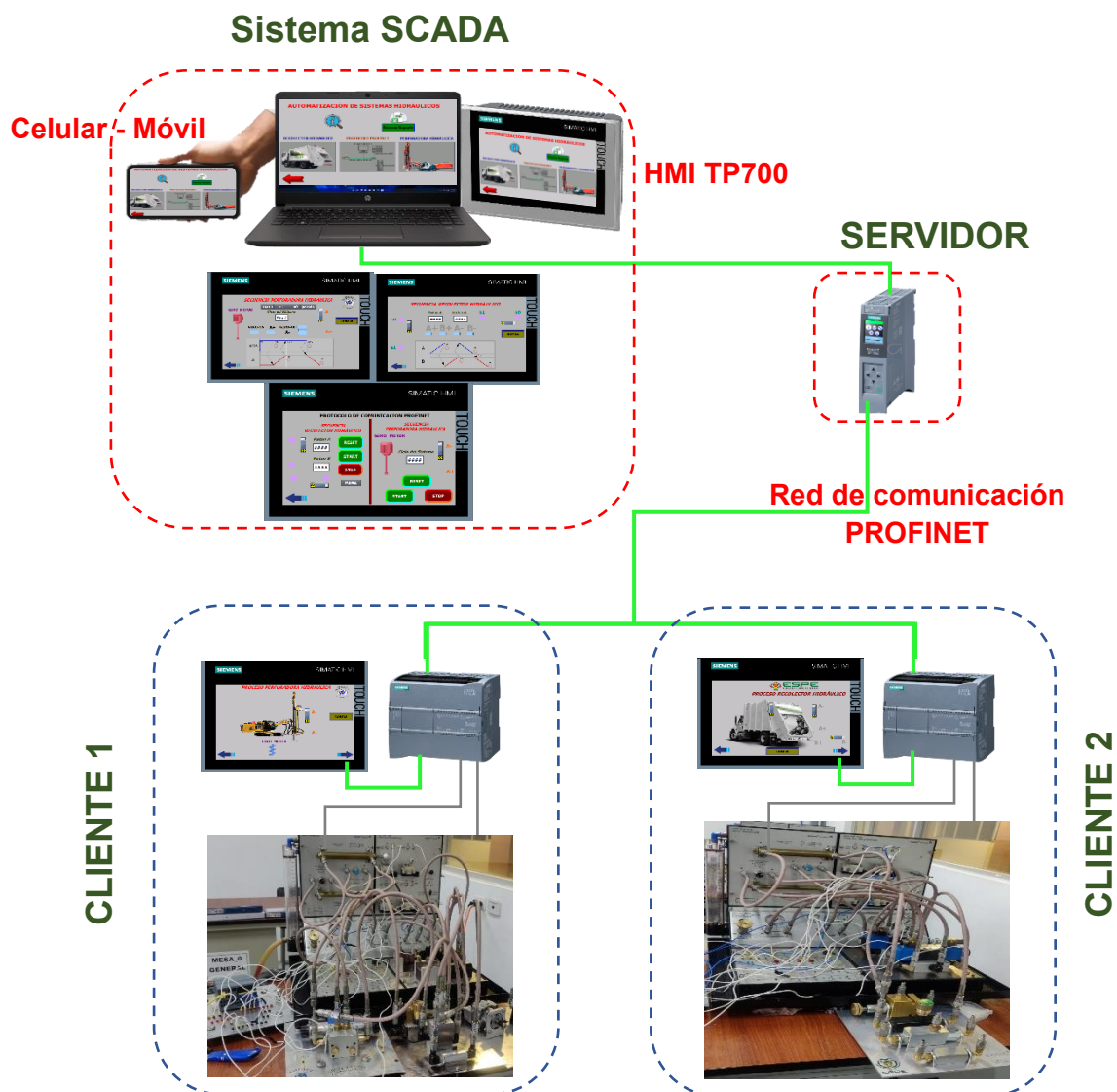
*Nota.* La tabla menciona las pruebas de comunicación realizadas al sistema, específicamente en la programación del mismo.



En la Figura 83 ilustra el proceso general de la Automatización Hidráulica, mismo que está conformado por un sistema SCADA (HMI TP 700), el cual contiene un PLC (S7 1500) trabajando como servidor, dos PLCs (S7 1200) trabajando como clientes permitiendo la comunicación entre si mediante un protocolo de comunicación PROFINET.

**Figura 83**

*Proceso de Automatización Hidráulica*



*Nota.* La figura representa gráficamente cada sistema que interviene en el proceso físico y de control, ayudando a entender el comportamiento de dicho sistema.

Las pruebas de comunicación se las realizó a la programación de la Red PROFINET, a fin de afirmar la correcta comunicación mediante las funciones send y receive donde se puede observar la Tabla 18, específicamente el punto 1. Claramente se puede decir que la comunicación es eficiente debido a que los procesos se pueden monitorear desde la pantalla TP700 (Sistema SCADA) garantizando que el protocolo de comunicación se encuentra en óptimas condiciones.

El sistema SCADA junto al HMI de cada proceso está trabajando de manera adecuada y al tiempo real en el que lleva el enviar y recibir datos del comportamiento de ambos procesos hidráulicos, sin embargo, los reportes proporcionados por los sistemas se van actualizando cada determinado tiempo, lo que asegura dicha conexión del programa. Afirmando en el punto 2 de la Tabla 18.

También se aplicó una prueba de comunicación al dispositivo móvil – Celular (control remoto), por lo que esta prueba fue realizada de manera visual remota ya que se pudo ver el cambio de estación, de pantalla o HMI en tiempo real controlado desde el móvil y la eficiencia que tienen para mandar accionar a los procesos hidráulicos.

Por lo que se puede decir de manera general que la programación si pasó la prueba de funcionamiento gracias a la manera correcta de escoger y llenar los parámetros de las funciones T\_Send y T\_Rcv, que se pueden observar en la Tabla 18 específicamente en los puntos registrados 1, 4 y 5.

El sistema SCADA junto a el control remoto proporcionado por celular – móvil, seguido de la revisión de pruebas se llega a obtener resultados positivos, por lo que podemos decir que los procesos, el protocolo de comunicación y el reporte cumplen con lo programado para proceder a poner en marcha y accionar a los dos sistemas hidráulicos.

## Análisis

### **Sistema 1: Recolector Hidráulico de Basura**

Un recolector de basura hidráulico es una máquina diseñada mediante el uso de la tecnología hidráulica, a fin de mejorar la eficiencia de la gestión de residuos sólidos. El equipo cuenta con brazos hidráulicos ajustables y mordazas que se adaptan para un manejo preciso y seguro. A continuación, se ilustra en la Figura 84 la imagen de un recolector de basura hidráulico en donde se mencionarán sus partes y su funcionamiento principal, de manera que quede claro los sistemas.

### **Figura 84**

#### *Recolector Hidráulico de Basura*



*Nota.* En el recolector hidráulico se analiza el sistema principal que presenta dicha máquina, como lo es el caso de la compuerta de compresión de basura.

### **Descripción el sistema Hidráulico**

#### ***Elementos que componen el sistema Recolector***

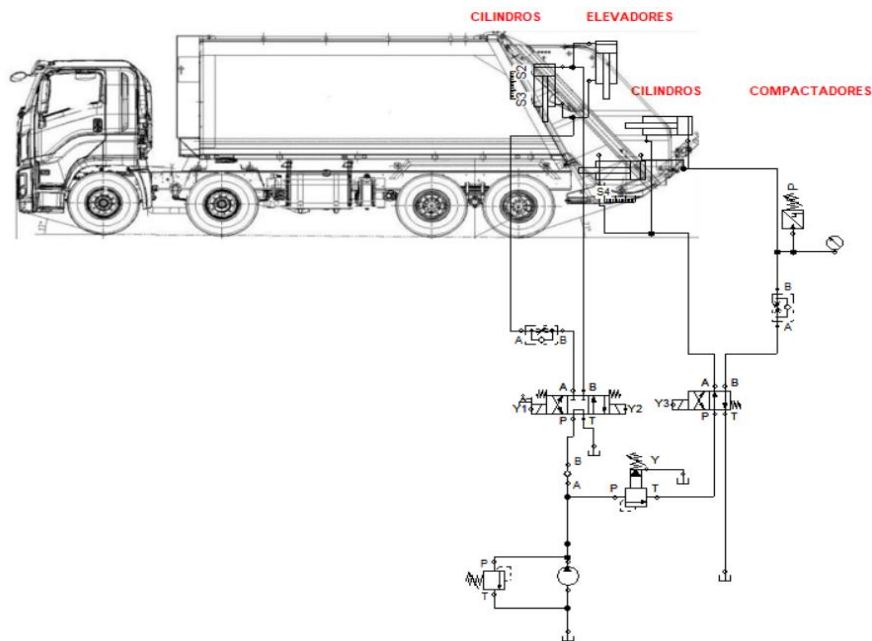
- Bomba Hidráulica
- Válvulas
- Cilindros Hidráulicos
- Motores Hidráulicos
- Brazos
- Depósito de Aceite Hidráulico

- Filtros y Refrigeradores
- Mangueras y Conductos
- Switch de límite
- Controles y Válvulas de Control Direccional

***Circuito del sistema.***

**Figura 85**

***Diagrama Hidráulico de fuerza del recolector***



*Nota.* En el diagrama de Fuerza del recolector hidráulico observamos los elementos de fuerza y actuadores, mismos que son encargados de ayudar a cumplir con la función específica del sistema.

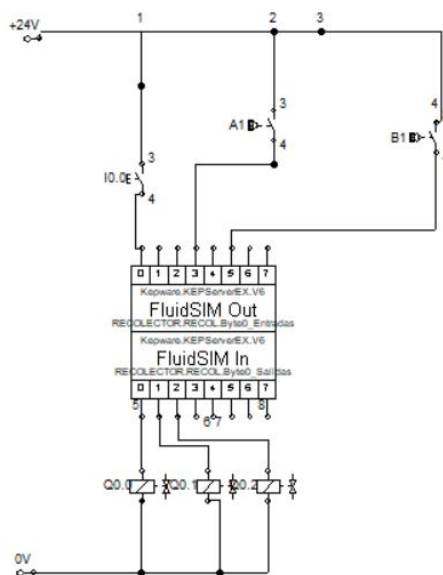
En la Figura 85 el diagrama de fuerza del recolector hidráulico realizamos la representación gráfica de las fuerzas y presiones del sistema, a fin de comprender la distribución de los parámetros anteriormente mencionados, ayudando a evaluar rendimiento y eficiencia enfocados en la optimización del mismo.

Para ello detallamos el funcionamiento del mismo, en el diagrama de fuerza tenemos una electroválvula 4/3 encargada de controlar el sentido de flujo permitiéndole circular en ambas direcciones, este se encarga de bajar y subir la compuerta hidráulica mismo que está representado como cilindro A y una vez que el depósito se encuentre al límite de su capacidad. Seguidamente de una electroválvula 4/2 suministra alimentación a al cilindro B a fin de comprimir y obtener mayor espacio reduciendo los desechos recolectados.

Para poder lograr compactar de una manera correcta y eficiente se necesita aplicar una determinada presión, el cual para lograr esta función usamos un presostato hidráulico, este no permite que suba la compuerta (Cilindro A) si no llega la presión necesaria o configurada al cilindro hidráulico. Dentro del circuito también se encuentra una válvula limitadora de presión, misma que ayuda a evitar que alcance niveles de presión peligrosos o no deseados por el operario, ya que el será el encargado de regular según sea la necesidad del trabajo aplicado.

### Figura 86

*Diagrama de Control del Recolector*



*Nota.* FluidSIM nos permite la interconexión entre el software TIA Portal, visualizando el comportamiento en tiempo real del sistema hidráulico.

En la Figura 86 se ilustra el circuito de control y automatización del sistema hidráulico, el circuito de control hidráulico se enfoca en gestionar y dirigir el funcionamiento de los diferentes componentes a fin de lograr el control adecuado, deseado y confortable de una manera eficaz. Incluyendo relés, electroválvulas, PLC's u otros componentes eléctricos o electrónicos, mismos que serán activados mediante interruptores, pulsadores, finales de carrera, presostatos, entre otros.

### **Pruebas**

**Tabla 19**

*Datos de la prueba 1 del recolector hidráulico*

<b>Presión [bar]</b>	<b>Simulación</b>	<b>Implementación</b>	<b>Error relativo</b>
Manómetro de la bomba	40	40	0
Manómetro del módulo	41,32	41,1	0.22
Presostato	39,71	39,5	0.21
Manómetro del pistón	39,71	39,5	0.21
<b>Error Porcentual</b>			<b>16%</b>

La Tabla 19 contiene parámetros de medidas de presión [bar] tanto simulados como implementados en los módulos del laboratorio de hidrónica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, mismos que se puede observar que para un valor de presión inicial de 40 bares, las presiones en los diferentes puntos del sistema tienden a mantenerse en el rango de la presión de entrada, presentando una distorsión y pérdida a lo largo del recorrido de un 16%, esto se debe a las pérdidas de presión ya sea por jugas, fisuras o desgaste de los elementos hidráulicos como pueden ser las mangueras, acoples o los módulos de los pistones. Según los valores obtenidos se puede ver que la distorsión mayor tiene un error relativo del 0.22, perteneciente al manómetro del módulo en general.

Sin embargo, los parámetros obtenidos de los módulos implementados se encuentran dentro del rango de tolerancia frente a los parámetros obtenidos de la simulación realizado en el software FluidSIM, lo que da a entender que la aplicación del sistema del recolector hidráulico está desarrollada de una manera correcta

**Tabla 20**

*Datos de la prueba 2 del recolector hidráulico*

<b>Presión [bar]</b>	<b>Simulación</b>	<b>Implementación</b>	<b>Error relativo</b>
Manómetro de la bomba	20	20	0
Manómetro del módulo	21,8	21,5	0,3
Presostato	19,72	19,5	0,22
Manómetro del pistón	19,72	19,5	0,22
<b>Error Porcentual</b>			<b>18,5%</b>

En la Tabla 20 muestra de la misma manera los parámetros de medidas de presión en bares tanto simulado como implementado en los módulos del laboratorio de hidráulica y neumática. Se observa que, para una presión inicial de 20 bares, las presiones en diferentes puntos del sistema se mantienen en el rango de presión de entrada, con una distorsión y pérdida a lo largo del recorrido del 18.5%. Estas pérdidas de la misma manera se deben por motivo de fugas, fisuras o desgaste de elementos hidráulicos como mangueras, acoples o módulos de los pistones. El manómetro del módulo general presenta la mayor distorsión con un error relativo del 0.3.

No obstante, a lo anterior los parámetros obtenidos de los módulos implementados están dentro del rango de tolerancia en comparación con los parámetros obtenidos en la simulación realizada en el software FluidSIM, lo que indica que la aplicación del sistema del recolector hidráulico está desarrollada de manera correcta.

**Tabla 21***Datos de la prueba 3 del recolector hidráulico*

<b>Presión [bar]</b>	<b>Simulación</b>	<b>Implementación</b>	<b>Error relativo</b>
Manómetro de la bomba	15	15	0
Manómetro del módulo	15	14,7	0,3
Presostato	14,69	14,5	0,19
Manómetro del pistón	14,69	14,5	0,19
<b>Error Porcentual</b>			<b>17%</b>

En la Tabla 21 iniciamos la prueba con una presión inicial de 20 bares, las presiones en diferentes puntos del sistema se mantienen en el rango de la presión de entrada, pero al igual de las demás pruebas presentan una distorsión y pérdida a lo largo del recorrido del 18.5%. El manómetro del módulo general presenta la mayor distorsión con un error relativo del 0.3.

A pesar de estas consideraciones, los parámetros obtenidos de los módulos implementados están dentro del rango de tolerancia en comparación con los parámetros obtenidos en la simulación realizada en el software FluidSIM. Esto indica que la implementación del sistema ha sido realizada de manera adecuada.

### ***Análisis de resultados del Recolector Hidráulico***

Tanto en la Tabla 19 como en la Tabla 20 y Tabla 21, se observa que las mediciones implementadas se mantienen dentro del rango de tolerancia en comparación con las simulaciones realizadas en el software FluidSIM, obteniendo un promedio de error general de los 3 módulos del 17.16%

Se destaca también que los errores de medida pueden ser causados por la interpretación visual del operario, es crucial considerar estos aspectos al realizar mediciones de presión en sistemas hidráulicos, ya que una interpretación visual incorrecta puede llevar a mediciones erróneas que afecten el rendimiento y la eficiencia del sistema.



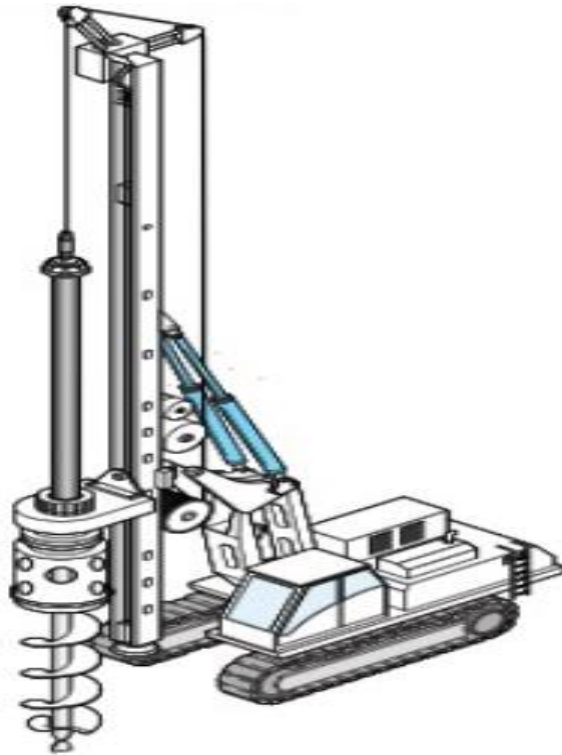
Al aplicar la ingeniería electrohidráulica nos ofrece la ventaja de analizar y corregir posibles pérdidas de presión en sistemas hidráulicos, garantizando su correcto funcionamiento, la aplicabilidad de estos análisis abarca desde la detección de fallas hasta la optimización de sistemas, contribuyendo a la eficiencia y fiabilidad de los procesos industriales y mecánicos.

### **Sistema 2: Perforadora Hidráulica**

Una perforadora hidráulica es una máquina diseñada para realizar perforaciones en diversos tipos de superficies, utilizando el principio de la hidráulica para así generar la potencia necesaria ya que opera mediante un sistema de fluidos, donde el aceite hidráulico es utilizado para transmitir la fuerza que se genera en el motor a través de una serie de cilindros y pistones como se puede observar en la Figura 87 Este sistema proporciona una potencia considerable y un control preciso sobre la velocidad y la fuerza de perforación.

### **Figura 87**

*Perforadora hidráulica*



*Nota.* Estas perforadoras se utilizan para diversas aplicaciones, como la perforación de pozos.

## Descripción el sistema Hidráulico

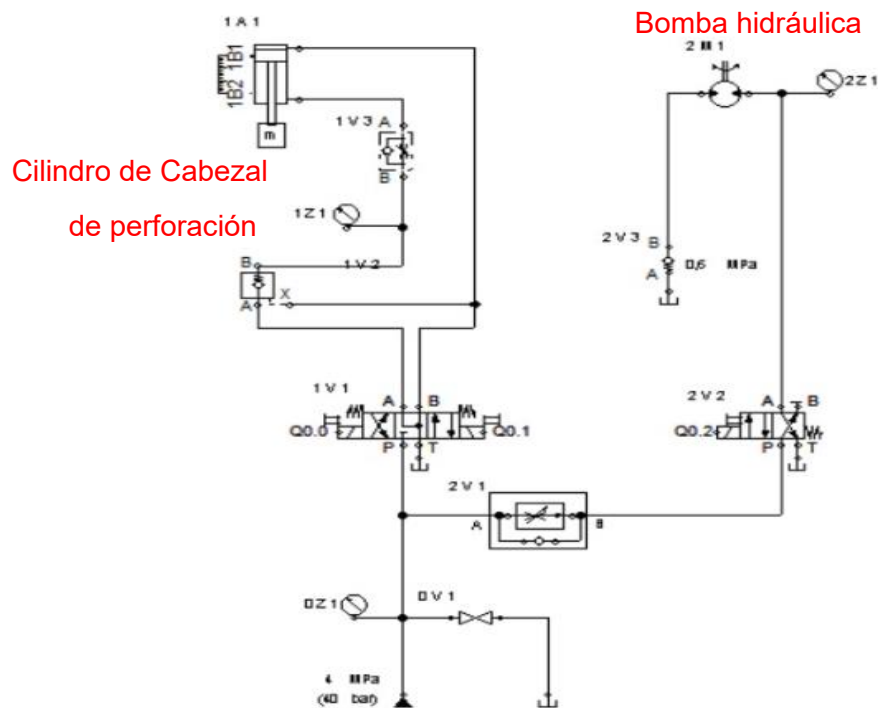
### Elementos que componen el sistema de la Perforadora

- Bomba Hidráulica
- Válvulas
- Cilindros Hidráulicos
- Motores Hidráulicos
- Filtros y Refrigeradores
- Controles y Válvulas de Control Direccional
- Cabezal de Perforación

### Circuito del sistema.

Figura 88

Diagrama Hidráulico de fuerza de la perforadora



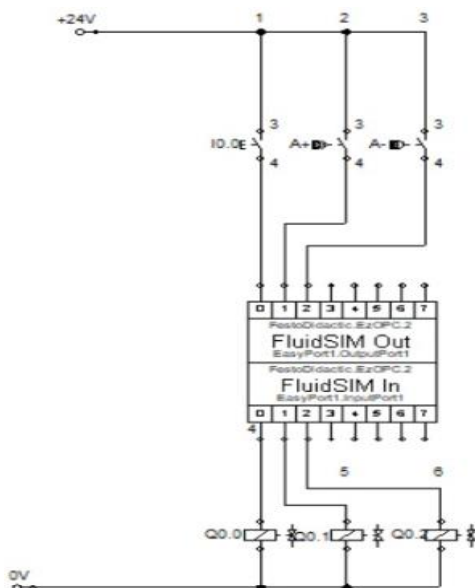
Nota. en el diagrama de Fuerza de la perforadora hidráulica se observa los elementos de fuerza y actuadores, en este caso el motor hidráulico.

En la Figura 88, se presenta el diagrama de fuerzas de la perforadora hidráulica con el propósito de visualizar la distribución de parámetros y elementos clave. Este diagrama resulta fundamental para evaluar el rendimiento y la eficiencia de la perforadora, centrandó la atención en su optimización ya que por medio de la representación gráfica facilita la comprensión detallada de cómo estos factores interactúan, proporcionando una herramienta valiosa para realizar ajustes y mejoras precisas

Para ello detallamos el funcionamiento del mismo, en el diagrama de fuerza tenemos una 4/2 suministra alimentación al motor hidráulico a fin de hacer girar el cabezal de perforación regulando la velocidad según se necesite. Seguidamente de una electroválvula 4/3 encargada de controlar el sentido de flujo permitiéndole circular en ambas direcciones, este se encarga de bajar y subir el pistón que lleva el cabezal de perforación mismo que está representado como cilindro A.

### Figura 89

#### *Diagrama de Control de la perforadora hidráulica*



*Nota:* FluidSIM nos permite la interconexión entre el software TIA Portal, visualizando el comportamiento en tiempo real del sistema hidráulico y sentido de giro de la bomba hidráulica.

En la Figura 89 se muestra el esquema del sistema hidráulico, específicamente destacando el circuito de control y automatización. El circuito de control hidráulico está diseñado para supervisar y dirigir el funcionamiento de los diversos componentes con el objetivo de lograr un control eficiente, deseado y cómodo. Este sistema incorpora elementos como relés, electroválvulas, PLC's y otros dispositivos eléctricos o electrónicos, los cuales son activados mediante interruptores, pulsadores, finales de carrera además de verificar los datos medibles por medio de manómetros.

### **Pruebas**

**Tabla 22**

*Datos de la prueba 1 de la perforadora hidráulica*

<b>Presión [bar]</b>	<b>Simulación</b>	<b>Implementación</b>	<b>Error relativo</b>
Manómetro de la bomba	40	40	0
Manómetro del módulo	32,19	31	1,19
Pistón A	32,19	30	2,19
Motor	17,86	16	1,86
<b>Error Porcentual</b>			<b>18,6%</b>

La Tabla 22 contiene parámetros de medidas de presión [bar] tanto simulados como implementados en los módulos del laboratorio de hidrónica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, mismos que se puede observar que para un valor de presión inicial de 40 bares, las presiones en los diferentes puntos del sistema tienden a mantenerse en el rango de la presión de entrada, presentando una distorsión y pérdida a lo largo del recorrido de un 18,6%, esto se debe a las pérdidas de presión ya sea por jugas, fisuras o desgaste de los elementos hidráulicos como pueden ser las mangueras, acoples o los

módulos de los pistones. Según los valores obtenidos se puede ver que la distorsión mayor tiene un error relativo del 0.22, perteneciente al manómetro del módulo en general.

Sin embargo, los parámetros obtenidos de los módulos implementados se encuentran dentro del rango de tolerancia frente a los parámetros obtenidos de la simulación realizado en el software FluidSIM, lo que da a entender que la aplicación del sistema del recolector hidráulico está desarrollada de una manera correcta

**Tabla 23**

*Datos de la prueba 2 de la perforadora hidráulica*

<b>Presión [bar]</b>	<b>Simulación</b>	<b>Implementación</b>	<b>Error relativo</b>
Manómetro de la bomba	30	30	0
Manómetro del módulo	22,02	22,03	0,28
Pistón A	22,02	21	1,02
Motor	13,23	12	1,23
<b>Error Porcentual</b>			<b>12,3%</b>

En la Tabla 23 muestra de la misma manera los parámetros de medidas de presión en bares tanto simulado como implementado en los módulos del laboratorio de hidrónica y neutrónica Manómetro de la Bomba:

En el caso del manómetro de la bomba, los valores simulados y de implementación coinciden sin errores apreciables. Esto sugiere una consistencia robusta entre la simulación y la implementación en lo que respecta a la presión medida por este manómetro. La precisión aquí puede atribuirse a la fiabilidad del sistema y la capacidad para replicar condiciones simuladas en la práctica. En el caso del manómetro del módulo muestra una discrepancia mínima del 0,28% entre la simulación y la implementación. Este ligero desvío puede deberse a variaciones

en la calibración de los instrumentos de medición o a condiciones específicas en el entorno de implementación que no se replicaron completamente en la simulación.

En el pistón A La diferencia del 1,02% en la presión del Pistón A indica una posible variación en el rendimiento del componente durante la implementación real. Factores como el desgaste, la fricción y la tolerancia de los componentes pueden influir en estas diferencias, y ajustes en el mantenimiento o la fabricación podrían reducir este error.

En el caso del motor hidráulico tiene una discrepancia más notable ocurre en la presión del motor, con un error relativo del 1,23%. Esto podría estar relacionado con la eficiencia del motor en condiciones reales, la resistencia del fluido, o incluso la carga de trabajo específica durante la implementación.

#### **Tabla 24**

*Datos de la prueba 3 de la perforadora hidráulica*

<b>Presión [bar]</b>	<b>Simulación</b>	<b>Implementación</b>	<b>Error relativo</b>
Manómetro de la bomba	15	15	0
Manómetro del módulo	11,5	11	0,5
Pistón A	11	9,5	1,5
Motor	9,5	7	2,5
<b>Error Porcentual</b>			<b>25%</b>

En la Tabla 24 iniciamos la prueba con una presión inicial de 15 bares con lo cual observamos los valores del manómetro de la bomba cuyos valores simulados y de implementación son idénticos, sin presentar errores apreciables. Esta coincidencia sugiere que la implementación logró replicar con precisión las condiciones simuladas, asegurando una medición precisa de la presión en este punto específico.

En el manómetro del Módulo hay una discrepancia del 0,5%, es un error relativamente bajo. Este desvío podría atribuirse a pequeñas variaciones en la calibración de los instrumentos o a condiciones específicas del entorno de implementación que no fueron totalmente replicadas en la simulación.

En el pistón A la diferencia del 1,5% en la presión del Pistón A sugiere una variación en el rendimiento de este componente durante la implementación real. Factores como el desgaste, la tolerancia de los componentes o las condiciones de carga podrían contribuir a este error, y ajustes en el mantenimiento podrían ayudar a reducir la discrepancia.

En el caso del motor hidráulico la discrepancia más significativa se encuentra en la presión del motor, con un error relativo del 2,5%. Esta diferencia puede estar relacionada con la eficiencia del motor en condiciones reales, la resistencia del fluido o incluso la carga de trabajo específica durante la implementación. Mejoras en el diseño del sistema o ajustes en el rendimiento del motor podrían ser necesarios para minimizar este error.

### ***Análisis de resultados de la Perforadora Hidráulica***

Se resalta, asimismo, que los desvíos en las mediciones pueden derivar de la interpretación visual por parte del operador. Resulta imperativo tener en cuenta estos factores al llevar a cabo mediciones de presión en sistemas hidráulicos, dado que una interpretación visual inadecuada podría resultar en mediciones imprecisas con repercusiones negativas sobre el rendimiento y la eficiencia del sistema.

La aplicación de la ingeniería electrohidráulica brinda la ventaja de analizar y rectificar posibles pérdidas de presión en sistemas hidráulicos, asegurando su correcto funcionamiento. La utilidad de estos análisis no se limita únicamente a la detección de fallas, sino que se extiende hasta la optimización integral de los sistemas, lo que contribuye significativamente a la eficiencia y confiabilidad de los procesos industriales y mecánicos.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

Luego de aplicar RCM en el módulo hidráulico N2 del laboratorio de Hidrónica y Neutrónica, se logró identificar las fallas físicas existentes en el tablero de control, las electroválvulas y las válvulas. Procediendo a reemplazarlas debido al estado en el que encontraban. Concluyendo que gracias a la aplicación oportuna de la metodología de mantenimiento RCM obtenemos beneficios claves, como mayor confiabilidad operativa, optimización de recursos, mejora de la seguridad, aumento de la disponibilidad y extensión de la vida útil de los activos.

Todas las válvulas implementadas en el módulo trabajan con una presión mínima de 5 bares y esto se puede apreciar mediante la conexión con los cilindros de doble efecto ya que estos actúan de manera adecuada cuando están sometidas al rango ya especificado así mismo se puede determinar que los reguladores de las válvulas de presión y flujo funcionan en base a sus especificaciones.

Se logró optimizar los tiempos de reacción respecto a las válvulas anteriormente mencionadas esto debido a un rendimiento óptimo de los nuevos componentes integrados a los módulos móviles lo que permite un mejor análisis operacional de cada una de estas siendo de gran ayuda para el aprendizaje de los estudiantes que realicen prácticas en el laboratorio de Neutrónica e Hidrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

El diseño y construcción de un módulo de automatización industrial con comunicación Ethernet industrial PROFINET representa, garantiza y ayuda a dar un paso crucial hacia la modernización y eficiencia dentro de entornos industriales, debido a que nos permiten la supervisión y control remoto de procesos, optimizando la operatividad y la toma de decisiones en tiempo real.



La implementación de la comunicación Ethernet industrial PROFINET a más de mejorar la transmisión de datos y potenciar la productividad, facilita una plataforma flexible y mejorables hacia futuras actualizaciones, asegurando la adaptabilidad del sistema a medida que evolucionan las demandas industriales. En última instancia, el diseño y construcción exitosa de este módulo no solo cumplen con los requisitos técnicos específicos, generan un entorno industrial más inteligente y eficiente de manera didáctica.

El protocolo de comunicación PROFINET se define como un protocolo de comunicación ethernet a nivel industrial, fundamentado en estándares abiertos IT y TCP/IP, establecido para el intercambio de datos entre controladores (PLC y DCS) y dispositivos (módulos de E/S, sistemas de visión artificial, lectores de sistemas RFID, instrumentos de procesos, etc). Usado en procesos de automatización industrial obteniendo una comunicación precisa y sin retardos; integrando la tecnología de la información en la automatización para mejorar la configuración, el diagnóstico y la funcionalidad de servicio en toda la red. Complementando de manera eficiente en el desarrollo de los procesos hidráulicos, a fin de transmitir datos y poder ser procesados de acuerdo a la necesidad requerida para los diagnósticos respectivos.

Mediante la construcción del módulo de automatización industrial (S7 1200 1214C DC/DC/DC) se implementó un sistema SCADA el cual nos permitió supervisar, controlar y adquirir datos del comportamiento tanto de actuadores como de los sensores pertenecientes a los procesos hidráulicos (Perforadora y Recolector); Validando la importancia que tiene un sistema SCADA dentro del sector industrial, ya que ayuda a mejorar la eficiencia en el control, además de que nos permite alargar la vida útil de los elementos y equipos debido a la supervisión que se puede llevar a cabo.

## Recomendaciones

Se recomienda a los operadores abrir la tapa de la caja de potencia de la bomba hidráulica al momento de utilizar, con el fin de que el circuito de potencia se refrigere y evitar que el transformador se sobrecaliente haciendo que la protección termoelectrónica se active.

Para la transmisión de datos mediante el protocolo de comunicación PROFINET se recomienda revisar detalladamente en la programación, específicamente en las funciones TSend y TRCV en la parte de asignación de IP asignados a al servidor y al cliente (S7 1500 Y S7 1200 respectivamente.), a fin de evitar errores en la comunicación y por ende en la transmisión de datos.

Para realizar un sistema SCADA se recomienda revisar y controlar el funcionamiento adecuado de la red industrial PROFINET, mediante pruebas de comunicación. De tal manera que el supervisar, controlar y adquirir datos de los procesos se lo realice sin ninguna anomalía o evitar obtener datos erróneos del comportamiento.

Para el uso del módulo Electrohidráulico N °2 Degem Systems en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, se recomienda realizar una auditoría, con la finalidad de evitar daños en elementos eléctrico, electrónicos y mecánicos ayudando alargar la vida útil de los mismos.

## Bibliografía

- ADR Geplasmatal, S.A.U. (Febrero de 2021). *Suspensión hidráulica: la consolidación de la experiencia*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Suspension-hidraulica-ADR-Hydro-Advanced-219013.html>
- AlterEvo Ltd. (12 de Abril de 2014). *RCM 2: Taxonomía y Principios Fundamentales*. Obtenido de <https://alterevoingenieros.blogspot.com/2014/04/rcm-taxonomia-y-principios-fundamentales.html#:~:text=Por%20lo%20tanto%2C%20el%20programa,%2D%20Hacer%20%2D%20Comprobar%20%2D%20Actuar.>
- Arias Toapanta, M. V. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL APLICANDO BUSES DE CAMPO PARA LA EMPRESA ECUAINSETEC*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Electrica , Quito.
- Brunete, A., Segundo, P., & Herrero, R. (28 de Julio de 2020). *Introducción a la Automatización Industrial*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de bookdown.org: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/)
- CASEN. (22 de Noviembre de 2017). *Máquina De Prensa De Bloques De Metal*. Obtenido de <https://www.block-press.com/hydraulic-press-machine/metal-block-press-machine/hydraulic-press-metal-block-press-machine.html>
- Castaño, S. (07 de mayo de 2022). *Ingeniería de Control, Instrumentación y Automatización*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2023, de Control Automático Educación: <https://controlautomaticoeducacion.com/>
- CENOSCO. (18 de Octubre de 2022). *7 ventajas del mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)*. Obtenido de <https://cenosco.com/es/perspectivas/7-benefits-of-reliability-centered-maintenance-rcm>

Centro de formación técnica para industria. (04 de octubre de 2019). *Qué es un Sistema Hidráulico y cómo funciona*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de Aula 21: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>

Colecciones digitales UDLAP. (19 de marzo de 2009). *Acciones de control*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2023, de UDLAP: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/nunez\\_e\\_f/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/nunez_e_f/capitulo1.pdf)

Cramix S.A. (20 de Octubre de 2018). *Bombas de Engranaje*. Recuperado el 27 de febrero de 2024, de Cramix: <https://cramix.com/productos/bombas-de-engranajes/>

Creus, A. (2010). *Neumática e Hidráulica* (2 ed.). Marcombo.

Direct Industry. (03 de Febrero de 2021). *Qué bomba hidráulica elegir*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de Direct Industry: <https://guide.directindustry.com/es/que-bomba-hidraulica-elegir/>

Ennomotive. (Noviembre de 2023). *Cómo los robots y la automatización mejoran la energía renovable*. Obtenido de ENERGÍA HIDROELÉCTRICA: <https://www.ennomotive.com/es/robots-automatizacion-energia-renovable/>

Eslava, G. T., Velásquez, M. T., & Eslava, R. T. (2018). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos*. Instituto Politécnico Nacional, Mecánica. Mexico: Científica.

Festo. (2013). *Energía de fluidos para sistemas de aprendizaje y servicios para la formación técnica*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de festo.com: [https://www.festo.com/net/es-ar\\_ar/SupportPortal/Files/468167/56824\\_2019-11\\_es\\_PG\\_P-H\\_Screen.pdf](https://www.festo.com/net/es-ar_ar/SupportPortal/Files/468167/56824_2019-11_es_PG_P-H_Screen.pdf)

FESTO. (2013). *Hidráulica, electrohidráulica fundamentos*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de docplayer: <https://docplayer.es/amp/12042577-Hidraulica-electrohidraulica.html>

García Moreno, E. (2012). *AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES*. Universidad Politécnica de Valencia , Robótica y Automatización. España: Byprint Percom, sl.

Obtenido de

[https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC\\_4116\\_01\\_01.pdf?guest=true](https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true)

García, A. (22 de diciembre de 2015). *Entradas y Salidas Analógicas y Digitales*. Obtenido de Panamahitek: <https://panamahitek.com/entradas-y-salidas-analogicas-y-digitales/>

Grupo CTT. (26 de Febrero de 2020). *Caso de éxito: Fallas en la unidad hidráulica*. Obtenido de <https://grupoctt.com.mx/publicaciones/2020/02/26/caso-de-exito-fallas-en-la-unidad-hidraulica/>

grupohidraulica. (12 de enero de 20223). *¿Qué es una válvula check y para qué sirve?*

Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de grupohidraulica.com:

<https://grupohidraulica.com/noticias/2023/01/12/que-es-una-valvula-check-y-para-que-sirve/>

GSL Industrias. (01 de junio de 2021). *¿QUÉ ES UN PLC Y CÓMO FUNCIONA?* Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de industriasgsl.com:

<https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>

Haoyu CNC-Haoyu Automation. (6 de Junio de 2012). *Máquina de soldadura automática de forma de sillín de control de eje hidráulico Varilla de pistón CNC 5*. Obtenido de

<https://es.haoyuweld.com/hydraulic-cylinder-welding-machine/hydro-cylinder-piston-rod-cnc-5-axis-control.html>

- IKIN. (14 de Abril de 2021). *¿Cómo Analizar La Generación Y Eliminación De Vibraciones En El Sistema Hidráulico Fluido?* Obtenido de <https://ikin-fluid.com/es/how-to-analysis-on-the-generation-and-elimination-of-vibration-in-fluid-hydraulic-system/>
- Jarquín, A., & Aguirre, Á. (2018). *Diseño de un equipo de ensayo de Circuitos Neumáticos y Oleohidráulicos para la carrera de Ingeniería Mecánica de la F.T.I. en la Universidad Nacional de Ingeniería UNI-RUPAP* (2 ed.). Managua: Universidad Nacional de Ingeniería UNI-RUPAP. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/336876704.pdf>
- Latam, T. (12 de Agosto de 2022). *Mantenimiento Industrial: ¿cómo funciona y cuáles son los objetivos?* Obtenido de <https://es.totvs.com/blog/gestion-industrial/mantenimiento-industrial-como-funciona-y-cuales-son-los-objetivos/#:~:text=El%20mantenimiento%20industrial%20es%20un,%3A%20preventivo%2C%20predictivo%20y%20correctivo.>
- López, C., & Bajaña, J. (2016). *Diseño y construcción de un compactador de latas y envases* (2 ed.). Universidad Politecnica Salesiana.
- Macarena, L. (06 de Marzo de 2023). *Guía completa del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)*. Obtenido de Fracttal: <https://www.fracttal.com/es/blog/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad>
- Mancuzo, G. (17 de Septiembre de 2020). *Evolución del Mantenimiento: Historia y Actualidad*. Obtenido de Mantenimiento: <https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>
- Medina, J. (02 de Septiembre de 2016). *MODOS DE FALLA Y CAUSA RAIZ ¿Qué ocasiona cada falla funcional? Modos de Falla*. Obtenido de <https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2016/09/02/paso-3-modos-de-falla-y-causa-raiz-que-ocasiona-cada-falla-funcional-modos-de-falla/>

- MOOG. (15 de Marzo de 2010). *Servoválculas proporcionales*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de Moog: [https://www.moog.com/content/dam/moog/literature/ICD/Moog-Valves-D671\\_D672\\_D673\\_D674\\_D675-Catalog-es.pdf](https://www.moog.com/content/dam/moog/literature/ICD/Moog-Valves-D671_D672_D673_D674_D675-Catalog-es.pdf)
- Muncie. (9 de Junio de 2016). *Sistemas Hidráulicos montado en camiones*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2023, de Munciepower: <https://www.munciepower.com/cms/files/Products/Literature/Documents/Training/TR-G93-01S.pdf>
- myelectronic. (25 de Julio de 2023). *como funciona una bobina*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2023, de Free Web Hosting Area: <https://myelectronic.ueuo.com/TEORIA/Bobina.pdf>
- Ninabanda, J., & Rea, K. (2023). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para el monitoreo y control de Diseño e implementación de un módulo didáctico para el monitoreo y control de comunicación basados en ethernet industrial y RS485, para el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica* (2 ed.). ESPE.
- Oliveras, J. (12 de octubre de 2015). *14 aplicaciones de hidráulica para iOS (y alguna de hidrología y agronomía)*. Recuperado el 17 de diciembre de 2023, de iagua: <https://www.iagua.es/blogs/jordi-oliveras/14-aplicaciones-hidraulica-ios>
- Pérez Sánchez, M., & López Jimenez, A. (2020). *Ingeniería Fluidomecánica aplicada a maquinaria hidráulica: problemas y objetos de aprendizaje*. España, Valencia: Universitat Politècnica de València. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/146821/6606.pdf;jsessionid=4B4FC5CD37FA17042F6214C9D3CDF068?sequence=1>
- Pilar González, M. (2009). *Turbinas Hidráulicas Pelton*. Eléctrica, Mexico. Obtenido de [https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40262/mod\\_resource/content/1/maquinas\\_fluidos/tema-6-turbinas-pelton.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40262/mod_resource/content/1/maquinas_fluidos/tema-6-turbinas-pelton.pdf)

- Quezada, J., Flores, E., Solís, A., & Quezada, V. (12 de febrero de 2016). *Controladores Programables*. Obtenido de Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tizayuca/n2/r1.html#refe1>
- Sourget, L. (Agosto de 2023). *Todo sobre el mantenimiento industrial*. Obtenido de Mobility Work: <https://mobility-work.com/es/blog/mantenimiento-industrial/>
- Suhissa. (10 de Mayo de 2019). *IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICOS*. Obtenido de <https://suhissa.com.mx/importancia-de-la-automatizacion-de-sistema-hidraulicos/>
- Varela Aldás, J. L., & Andaluz, V. (2014). *Sistema de Control Automático para el Posicionamiento de una*. INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL. Ambato - Ecuador: Universidad.
- VEYCO. (Mayo de 2014). *Mantenimiento*. Obtenido de <https://molinosmezcladoras.com.mx/mantenimiento.html>
- Villareal, J. (2001). *Investigación, análisis y desarrollo de un manual para el diseño de un sistema neumático* (2 ed.). Universidad Autonoma de Nuevo León. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/76594107.pdf>
- Zapata Guarin, A., & Chica Sepulveda, C. (2010). *BRAZO ROBOTIZADO PARA ALIMENTACION Y DESCARGA DE UN SISTEMA DE*. Tesis, UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA, Eléctrica.



**Anexos**