



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA  
EL ENSAMBLAJE DE DOS CUERPOS BASE - TAPA - PASADOR  
CON CONTROL IIoT UTILIZANDO UNA PASARELA WECON V-  
BOX”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:**

**KEVIN DAVID MACAS RIVERA**

**MARLON ALEXANDER RAMIREZ TORRES**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA  
EL ENSAMBLAJE DE DOS CUERPOS BASE - TAPA - PASADOR  
CON CONTROL IIoT UTILIZANDO UNA PASARELA WECON V-  
BOX”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES:** KEVIN DAVID MACAS RIVERA

MARLON ALEXANDER RAMIREZ TORRES

**DIRECTOR:** ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Kevin David Macas Rivera; Marlon Alexander Ramirez Torres.

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

Nosotros, Kevin David Macas Rivera y Marlon Alexander Ramirez Torres, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de noviembre de 2023



**Kevin David Macas Rivera**

**060531663-7**

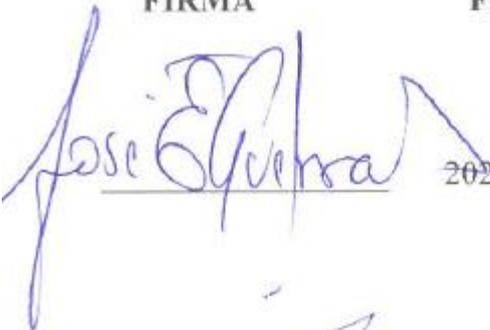


**Marlon Alexander Ramirez Torres**

**210106391-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ENSAMBLAJE DE DOS CUERPOS BASE - TAPA - PASADOR CON CONTROL IIoT UTILIZANDO UNA PASARELA WECON V-BOX”**, realizado por los señores: **Kevin David Macas Rivera** y **Marlon Alexander Ramirez Torres**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Enrique Guerra Salazar <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-11-15
Ing. Marco Antonio Viteri Barrera <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-11-15
Ing. Mayra Alejandra Pacheco Cunduri <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-11-15

## **DEDICATORIA**

Con profundo cariño, dedico este trabajo a dos personas extraordinarias: mi padre, Luis Gerardo Macas, y mi madre, Mariana Rivera. Su amor incondicional y apoyo constante han iluminado mi camino tanto en este viaje académico como en la vida. A mis hermanos y amigos, les agradezco por ser mi fuente inagotable de fuerza y por inspirarme a perseverar sin desfallecer, incluso en medio de las adversidades. Expreso mi gratitud a mis profesores por su invaluable orientación y la riqueza de su conocimiento, que ha sido fundamental en mi desarrollo académico.

**Kevin.**

Este trabajo está dedicado a mis padres, parientes y amigos, cuyo apoyo inquebrantable ha sido fundamental en mi formación como profesional. En reconocimiento al esfuerzo incansable que ha sido necesario para completar este proyecto, les dedico este logro, con la firme promesa de continuar creciendo y contribuyendo al ámbito profesional. Deseo dedicar este proyecto a la memoria de mi amigo y fiel compañero de vida, "Astor", que en paz descansa. Fue él quien inspiró el inicio de este gran proyecto, marcando la promesa de una mejor calidad de vida para mí y para quienes nos rodean.

**Marlon.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme concedido la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta significativa etapa en mi vida profesional. También expreso mi sincero agradecimiento a mis padres, cuya fortaleza y apoyo inquebrantables han sido mi guía en el camino hacia el conocimiento. A mis amigos, les agradezco por los momentos invaluable y únicos que se ha compartido, creando lazos afectivos que perdurarán a lo largo de toda la vida. Extiendo mi gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a sus dedicados educadores, quienes generosamente compartieron su sabiduría en mi formación académica.

**Kevin.**

En primer lugar, deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios por haberme guiado a lo largo de las adversidades de este arduo camino. Asimismo, quiero mostrar mi sincero reconocimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización, que desempeñó un papel fundamental en mi formación académica y personal. También, extiendo mi gratitud a los docentes que, más allá de su labor académica, han compartido conmigo una amistad enriquecedora. Este trabajo es un tributo a la memoria de Astor y a todos aquellos que han sido parte fundamental en mi recorrido, brindándome apoyo, orientación y motivación a lo largo de esta travesía hacia el logro de mis metas académicas y personales.

**Marlon.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxi
RESUMEN .....	xxi
SUMMARY.....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1.	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1	Planteamiento del Problema.....	2
1.1.1	<i>Problema general de investigación</i> .....	2
1.1.2	<i>Problemas específicos de investigación</i> .....	3
1.2	Antecedentes.....	3
1.3	Justificación.....	4
1.3.1	<i>Justificación teórica</i> .....	4
1.3.2	<i>Justificación aplicativa</i> .....	5
1.4	Objetivo general.....	6
1.4.1	Objetivos específicos.....	6

## CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	7
2.1	Automatización industrial.....	7
2.2	Sistema de manufactura flexible .....	7
2.3	Sistemas de clasificación.....	7
2.4	Sistemas de ensamblaje en línea.....	8
2.5	Procesamiento en la nube.....	8

<b>2.6</b>	<b>Internet industrial de las cosas (IIoT)</b> .....	<b>8</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Arquitectura del IIoT</b> .....	<b>9</b>
<b>2.7</b>	<b>Controlador lógico programable (PLC)</b> .....	<b>9</b>
<b>2.7.1</b>	<b>Funcionamiento general del PLC</b> .....	<b>10</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Estructura general del PLC</b> .....	<b>10</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Selección de familia del PLC</b> .....	<b>11</b>
<b>2.8</b>	<b>Sensores</b> .....	<b>12</b>
<b>2.8.1</b>	<b>Sensores magnéticos</b> .....	<b>13</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Sensor óptico retro reflectivo</b> .....	<b>13</b>
<b>2.8.3</b>	<b>Criterio de selección de sensores</b> .....	<b>13</b>
<b>2.9</b>	<b>Sistemas neumáticos</b> .....	<b>14</b>
<b>2.10</b>	<b>Redes de comunicación industrial</b> .....	<b>15</b>
<b>2.10.1</b>	<b>Modelo OSI</b> .....	<b>15</b>
<b>2.10.2</b>	<b>Pasarela IIoT</b> .....	<b>16</b>
<b>2.10.2.1</b>	<b>Comparación de los dispositivos IIoT</b> .....	<b>16</b>
<b>2.10.3</b>	<b>Modbus</b> .....	<b>17</b>
<b>2.10.3.1</b>	<b>Tipos de Modbus</b> .....	<b>17</b>
<b>2.11</b>	<b>SCADA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.11.1</b>	<b>Cloud SCADA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.12</b>	<b>Normatividad</b> .....	<b>18</b>
<b>2.12.1</b>	<b>Norma ISA - S5.1</b> .....	<b>18</b>
<b>2.12.2</b>	<b>Norma ISA - S5.4</b> .....	<b>19</b>
<b>2.12.3</b>	<b>Norma IEC (Comisión Electrotécnica Internacional)</b> .....	<b>19</b>
<b>2.12.3.1</b>	<b>Norma IEC 60617</b> .....	<b>19</b>
<b>2.12.3.2</b>	<b>Norma IEC 60898-1</b> .....	<b>19</b>
<b>2.12.4</b>	<b>Norma ANSI / ISA 101.01</b> .....	<b>20</b>

## CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Evaluación del estado técnico del sistema.....</b>	<b>22</b>
<i>3.1.1</i>	<i>Estado técnico del módulo de ensamblaje base-tapa.....</i>	<i>23</i>
<i>3.1.2</i>	<i>Estado técnico del módulo de ensamblaje pasador .....</i>	<i>24</i>
<b>3.2</b>	<b>Requerimientos del proceso.....</b>	<b>25</b>
<i>3.2.1</i>	<i>Características de los requerimientos de todo el proceso.....</i>	<i>26</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Concepción general del proceso.....</i>	<i>30</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Elementos del módulo de ensamblaje base-tapa.....</i>	<i>30</i>
<i>3.2.4</i>	<i>Elementos del módulo de ensamblaje pasador .....</i>	<i>31</i>
<b>3.3</b>	<b>Diseño estructural del proceso.....</b>	<b>32</b>
<i>3.3.1</i>	<i>Diseño estructural de la mesa del módulo de ensamblaje base-tapa .....</i>	<i>32</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Diseño estructural de la mesa del módulo de ensamblaje pasador.....</i>	<i>33</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Diseño estructural del pedestal para los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador .....</i>	<i>34</i>
<i>3.3.4</i>	<i>Modelado tridimensional de las estaciones de trabajo desde una perspectiva mecánica .....</i>	<i>36</i>
<i>3.3.4.1</i>	<i>Sistema de la base la tapa del módulo de ensamblaje y la banda transportadora.....</i>	<i>36</i>
<i>3.3.4.2</i>	<i>Sistema de módulo de ensamblaje pasador y la banda transportadora .....</i>	<i>38</i>
<b>3.4</b>	<b>Diseño de las piezas.....</b>	<b>40</b>
<i>3.4.1</i>	<i>Diseño del pallet.....</i>	<i>40</i>
<i>3.4.2</i>	<i>Diseño de la base .....</i>	<i>41</i>
<i>3.4.3</i>	<i>Diseño de la tapa.....</i>	<i>41</i>
<i>3.4.4</i>	<i>Diseño del pasador.....</i>	<i>42</i>
<b>3.5</b>	<b>Diagrama P&amp;ID del proceso.....</b>	<b>43</b>
<i>3.5.1</i>	<i>Diagrama P&amp;ID de la alimentación de aire del proceso.....</i>	<i>44</i>
<i>3.5.2</i>	<i>Diagrama P&amp;ID de la estación de ensamblaje base.....</i>	<i>44</i>
<i>3.5.3</i>	<i>Diagrama P&amp;ID de la estación de ensamblaje tapa.....</i>	<i>46</i>
<i>3.5.4</i>	<i>Diagrama P&amp;ID de la estación de ensamblaje pasador.....</i>	<i>48</i>

<b>3.6</b>	<b>Diseño del sistema neumático</b> .....	<b>50</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Actuadores neumáticos</b> .....	<b>50</b>
<b>3.6.2</b>	<b>Esquema neumático del módulo de ensamblaje base-tapa</b> .....	<b>51</b>
<b>3.6.3</b>	<b>Esquema neumático del módulo de ensamblaje pasador</b> .....	<b>53</b>
<b>3.7</b>	<b>Diseño de los tableros eléctricos</b> .....	<b>54</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Consumo de corriente del módulo de ensamblaje base-tapa.</b> .....	<b>54</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Consumo de corriente del módulo de ensamblaje pasador.</b> .....	<b>54</b>
<b>3.7.3</b>	<b>Dimensionamiento del cableado eléctrico</b> .....	<b>55</b>
<b>3.7.4</b>	<b>Componentes eléctricos del sistema de ensamblaje</b> .....	<b>55</b>
3.7.4.1	<i>Pasarela WECON V-BOX series HG</i> .....	56
3.7.4.2	<i>PLC Delta DVP32ES2-E RE</i> .....	57
3.7.4.3	<i>PLC Schneider TM221CE16T</i> .....	57
3.7.4.4	<i>Sensor óptico retro reflectivo PE18- R2P3</i> .....	58
3.7.4.5	<i>Sensor magnético Airtac CMS 020</i> .....	59
3.7.4.6	<i>Electroválvulas 5/2 Airtac 4V110-06.</i> .....	60
3.7.4.7	<i>Pulsadores para el control manual</i> .....	61
3.7.4.8	<i>Indicadores</i> .....	61
3.7.4.9	<i>Fuente conmutada de 24 V RS-150-24.</i> .....	62
3.7.4.10	<i>Breakers</i> .....	63
3.7.4.11	<i>Interfaz DB25-MG6.</i> .....	64
3.7.4.12	<i>Relé MY2</i> .....	65
3.7.4.13	<i>Borneras</i> .....	66
3.7.4.14	<i>Cable UTP</i> .....	67
3.7.4.15	<i>Cable DB25</i> .....	67
3.7.4.16	<i>Canaleta ranurada y riel DIN</i> .....	67
<b>3.7.5</b>	<b>Esquema eléctrico del módulo de ensamblaje base-tapa</b> .....	<b>68</b>
<b>3.7.6</b>	<b>Esquema eléctrico del módulo de ensamblaje pasador</b> .....	<b>70</b>
<b>3.8</b>	<b>Configuración y programación del proceso</b> .....	<b>71</b>
<b>3.8.1</b>	<b>Entradas y salidas de los módulos</b> .....	<b>71</b>

3.8.1.1	<i>E/S Módulo de ensamblaje base-tapa.....</i>	<i>71</i>
3.8.1.2	<i>E/S Módulo de ensamblaje pasador .....</i>	<i>72</i>
3.8.2	<b>Diagrama GRAFCET.....</b>	<b>73</b>
3.8.2.1	<i>Secuencia del proceso para el módulo de ensamblaje base-tapa. ....</i>	<i>75</i>
3.8.2.2	<i>Secuencia del proceso para el módulo de ensamblaje pasador. ....</i>	<i>76</i>
3.8.2.3	<i>GRAFCET del módulo de ensamblaje base-tapa.....</i>	<i>78</i>
3.8.2.4	<i>GRAFCET del módulo de ensamblaje pasador.....</i>	<i>79</i>
3.8.3	<b>Ecuaciones del GRAFCET.....</b>	<b>81</b>
3.8.3.1	<i>Módulo de ensamblaje base-tapa.....</i>	<i>81</i>
3.8.3.2	<i>Módulo de ensamblaje pasador.....</i>	<i>82</i>
3.8.4	<b>Software de programación.....</b>	<b>82</b>
3.8.4.1	<i>Programas informáticos.....</i>	<i>82</i>
3.8.5	<b>Programación de controladores.....</b>	<b>83</b>
3.8.5.1	<i>Programación del PLC Schneider.....</i>	<i>84</i>
3.8.5.2	<i>Lenguaje Ladder del módulo de ensamblaje base-tapa .....</i>	<i>85</i>
3.8.5.3	<i>Lenguaje Ladder del módulo de ensamblaje pasador.....</i>	<i>89</i>
3.9	<b>Diseño del control IIoT.....</b>	<b>91</b>
3.9.1	<i>Concepción para la configuración de la infraestructura de red.....</i>	<i>92</i>
3.9.2	<i>Pasarela WECON V-BOX.....</i>	<i>92</i>
3.9.3	<i>Creación de la cuenta en la pasarela WECON V-Net.....</i>	<i>93</i>
3.9.4	<i>Configuración de la pasarela WECON V-BOX en la plataforma V-Net .....</i>	<i>94</i>
3.9.5	<i>Trasferencia de datos del PLC hacia la plataforma V-Net .....</i>	<i>96</i>
3.10	<b>Diseño del SCADA.....</b>	<b>101</b>
3.10.1	<i>Colores del HMI empelados en el SCADA, basado en la norma ANSI/ ISA 101.01 .....</i>	<i>101</i>
3.10.2	<i>Instrucciones y datos de entrada.....</i>	<i>102</i>
3.10.3	<i>Creación de páginas para el desarrollo del Cloud-SCADA .....</i>	<i>103</i>
3.10.3.1	<i>Portada.....</i>	<i>105</i>
3.10.3.2	<i>Menú Principal.....</i>	<i>105</i>

3.10.3.3	<i>base-tapa</i> .....	106
3.10.3.4	<i>pasador</i> .....	107
3.10.3.5	<i>piezas</i> .....	107
3.10.3.6	<i>Proceso</i> .....	108

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>110</b>
<b>4.1</b>	<b>Metodología de las pruebas .....</b>	<b>110</b>
<b>4.2</b>	<b>Reactivación de los módulos didácticos.....</b>	<b>111</b>
<b>4.3</b>	<b>Prueba de funcionamiento de los módulos de ensamblaje.....</b>	<b>112</b>
<b>4.3.1</b>	<b><i>Prueba de Normalidad por el método de Shapiro-Wilk.</i> .....</b>	<b>112</b>
4.3.1.1	<i>Prueba de ensamblaje del módulo base-tapa</i> .....	112
4.3.1.2	<i>Prueba de ensamblaje del módulo pasador</i> .....	113
4.3.1.3	<i>Prueba de ensamblaje completo</i> .....	114
<b>4.3.2</b>	<b><i>Pruebas de repetibilidad de los módulos de ensamblaje</i>.....</b>	<b>116</b>
4.3.2.1	<i>Pruebas de repetibilidad del módulo de ensamblaje base-tapa</i> .....	116
4.3.2.2	<i>Pruebas de repetibilidad del módulo de ensamblaje pasador</i> .....	116
4.3.2.3	<i>Pruebas de repetibilidad del módulo de ensamblaje base-tapa y pasador</i> .....	117
<b>4.4</b>	<b>Conectividad de red.....</b>	<b>118</b>
<b>4.4.1</b>	<b><i>Pruebas de conectividad PC- PLC Delta</i>.....</b>	<b>119</b>
<b>4.4.2</b>	<b><i>Pruebas de conectividad PC- PLC Schneider</i>.....</b>	<b>120</b>
<b>4.4.3</b>	<b><i>Pruebas de conectividad PC – PASARELA</i>.....</b>	<b>122</b>
<b>4.5</b>	<b>Prueba de validación para el sistema IIoT.....</b>	<b>123</b>
<b>4.6</b>	<b>Análisis de costos .....</b>	<b>131</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>135</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>137</b>

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	<b>Taxonomía de elementos arquitectónicos de las plataformas IIoT.</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 2-2:</b>	<b>Análisis comparativo de las características de los PLC.</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 2-3:</b>	<b>Criterios para la selección de sensores.</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 2-4:</b>	<b>Comparativa de los Atributos distintivos de los dispositivos IIoT</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3-1:</b>	<b>Aspectos de valoración.</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 3-2:</b>	<b>Ponderación de estado técnico.</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 3-3:</b>	<b>Estado de los materiales del módulo de ensamblaje base-tapa.</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 3-4:</b>	<b>Estado de los materiales del módulo de ensamblaje pasador.</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 3-5:</b>	<b>Elementos del módulo de ensamblaje base-tapa.</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 3-6:</b>	<b>Elementos del módulo de ensamblaje pasador.</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 3-7:</b>	<b>Dimensiones estructurales de la mesa del módulo de ensamblaje base-tapa.</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 3-8:</b>	<b>Dimensiones estructurales de la mesa del módulo de ensamblaje pasador.</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 3-9:</b>	<b>Dimensiones estructurales del pedestal para los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador.</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 3-10:</b>	<b>Símbolos de líneas de conexión y de dispositivos de instrumentación.</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 3-11:</b>	<b>Descripción de etiquetas para la estación de la base.</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 3-12:</b>	<b>Descripción de etiquetas para la estación de la tapa.</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 3-13:</b>	<b>Descripción de etiquetas para la estación del pasador.</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 3-14:</b>	<b>Características principales del cilindro serie 32 Tandem.</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 3-15:</b>	<b>Características principales del cilindro camozzi serie 23.</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 3-16:</b>	<b>Parámetros del esquema neumático del módulo de ensamblaje base-tapa.</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 3-17:</b>	<b>Parámetros del esquema neumático del módulo de ensamblaje pasador.</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 3-18:</b>	<b>Cargas del tablero de mando y de fuerza.</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 3-19:</b>	<b>Cargas del tablero de mando y de fuerza.</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 3-20:</b>	<b>Características la Pasarela WECON V-BOX H-AG.</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 3-21:</b>	<b>Características principales del PLC Delta DVP32ES2-E RE.</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 3-22:</b>	<b>Características principales del PLC Schneider TM221CE16T.</b>	<b>58</b>

<b>Tabla 3-23:</b>	<b>Características principales del sensor retro reflectivo PE18- R2P3.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 3-24:</b>	<b>Características principales del sensor magnético Airtac CMS 020.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 3-25:</b>	<b>Características principales de la electroválvula 5/2 Airtac 4V110-06.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 3-26:</b>	<b>Características esenciales de la Fuente Conmutada de 24 voltios RS-150-24. .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 3-27:</b>	<b>Especificaciones y Características de los Breaker utilizados en los módulos. .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 3-28:</b>	<b>Características de la interfaz de comunicación DB25-MG6. ....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 3-29:</b>	<b>Especificaciones y características de relé MY2. ....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 3-30:</b>	<b>Contactos PLC Delta.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 3-31:</b>	<b>Contactos PLC Schneider.....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 3-32:</b>	<b>Asignación de E/S y memorias del módulo base-tapa.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 3-33:</b>	<b>Asignación de memorias para el control IIoT del módulo base-tapa.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 3-34:</b>	<b>Asignación de E/S y memorias del módulo pasador. ....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 3-35:</b>	<b>Asignación de memorias para el control IIoT del módulo pasador.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 3-36:</b>	<b>Descripción de símbolos del diagrama de flujo base-tapa.....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 3-37:</b>	<b>Descripción de símbolos del diagrama de flujo del pasador. ....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 3-38:</b>	<b>Ecuaciones del módulo de ensamblaje base-tapa.....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 3-39:</b>	<b>Ecuaciones del módulo de ensamblaje base-tapa.....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 3-40:</b>	<b>Descripción de símbolos del diagrama de flujo Base-Tapa.....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 3-41:</b>	<b>Descripción de símbolos del diagrama de flujo Pasador .....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 3-42:</b>	<b>Dirección IP de los dispositivos.....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 3-43:</b>	<b>Tipos de registros Word y los códigos de función asociados a Modbus.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 3-44:</b>	<b>Tipos de registros Bit y los códigos de función asociados a Modbus.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 3-45:</b>	<b>Variables del PLC delta con sus respectivas direcciones Modbus para la plataforma V-Net .....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 3-46:</b>	<b>Variables del PLC Schneider con sus respectivas direcciones Modbus para la plataforma V-Net .....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 3-47:</b>	<b>Uso de colores para el HMI.....</b>	<b>102</b>

<b>Tabla 3-48: Efectos visuales con sus características de funcionamiento en el sistema SCADA.</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 3-49: Principales funciones utilizadas en el sistema SCADA para los módulos de ensamblaje.</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 4-1: Prueba de Shapiro-Wilk del módulo de ensamblaje base-tapa.</b>	<b>112</b>
<b>Tabla 4-2: Muestra de tiempo de funcionamiento del módulo de ensamblaje base-tapa.</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 4-3: Prueba de Shapiro Wilk del módulo de ensamblaje pasador.</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 4-4: Muestra de tiempo de funcionamiento del módulo de ensamblaje pasador.</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 4-5: Prueba de Shapiro Wilk del módulo de los dos módulos.</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 4-6: Muestra de tiempo de funcionamiento de los dos módulos.</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 4-7: Prueba de Shapiro Wilk del módulo de los dos módulos.</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 4-8: Resumen de normalidad de cada módulo.</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 4-9: Prueba de CV para validar la repetibilidad del módulo de ensamblaje base-tapa.</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 4-10: Prueba de CV para validar la repetibilidad del módulo de ensamblaje pasador.</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 4-11: Prueba de CV para validar la repetibilidad de los dos módulos de ensamblajes.</b>	<b>117</b>
<b>Tabla 4-12: Prueba de conectividad del controlador Delta.</b>	<b>120</b>
<b>Tabla 4-13: Prueba de conectividad del controlador Schneider.</b>	<b>121</b>
<b>Tabla 4-14: Prueba de conectividad de la Pasarela WECON V-BOX.</b>	<b>123</b>
<b>Tabla 4-15: Valores de certeza de muestra por niveles de confianza.</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 4-16: Comparación de resultados antes y después de la pregunta 1.</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 4-17: Comparación de resultados antes y después de la pregunta 2.</b>	<b>126</b>
<b>Tabla 4-18: Comparación de resultados antes y después de la pregunta 3.</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 4-19: Comparación de resultados antes y después de la pregunta 4.</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 4-20: Comparación de resultados antes y después de la pregunta 5.</b>	<b>129</b>
<b>Tabla 4-21: Comparación de resultados antes y después de la pregunta 6.</b>	<b>130</b>

<b>Tabla 4-22:</b>	<b>Costos del módulo de ensamblaje base-tapa.....</b>	<b>131</b>
<b>Tabla 4-23:</b>	<b>Costos del módulo de ensamblaje pasador. ....</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 4-24:</b>	<b>Costos del sistema IIoT.....</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 4-25:</b>	<b>Costos del sistema de alimentación.....</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 4-26:</b>	<b>Costo total de proyecto .....</b>	<b>133</b>
<b>Tabla 4-27:</b>	<b>Análisis comparativo del sistema de ensamblaje con proyecto similares... </b>	<b>134</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2-1:</b>	<b>Estructura interna de un PLC.</b> .....	<b>11</b>
<b>Figura 2-2:</b>	<b>Funcionamiento básico del sensor magnético.</b> .....	<b>13</b>
<b>Figura 2-3:</b>	<b>Funcionamiento de un sensor retro reflectivo.</b> .....	<b>13</b>
<b>Figura 2-4:</b>	<b>Elementos principales del cilindro neumático</b> .....	<b>15</b>
<b>Figura 2-5:</b>	<b>Descripción de colores en pantallas HMI.</b> .....	<b>21</b>
<b>Figura 3-1:</b>	<b>Estado del módulo de ensamblaje base-tapa.</b> .....	<b>23</b>
<b>Figura 3-2:</b>	<b>Estado del módulo de ensamblaje pasador.</b> .....	<b>24</b>
<b>Figura 3-3:</b>	<b>Posicionamiento de los sensores y actuadores del módulo base-tapa.</b> .....	<b>29</b>
<b>Figura 3-4:</b>	<b>Posicionamiento de los sensores y actuadores del módulo pasador.</b> .....	<b>29</b>
<b>Figura 3-5:</b>	<b>Concepción del sistema.</b> .....	<b>30</b>
<b>Figura 3-6:</b>	<b>Diseño estructural de la mesa del módulo de ensamblaje base-tapa.</b> .....	<b>33</b>
<b>Figura 3-7:</b>	<b>Diseño estructural de la mesa del módulo de ensamblaje pasador.</b> .....	<b>34</b>
<b>Figura 3-8:</b>	<b>Diseño estructural del pedestal para los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador.</b> .....	<b>35</b>
<b>Figura 3-9:</b>	<b>Diseño mecánico estructural del sistema de la base.</b> .....	<b>36</b>
<b>Figura 3-10:</b>	<b>Diseño mecánico estructural del sistema de la tapa.</b> .....	<b>37</b>
<b>Figura 3-11:</b>	<b>Diseño mecánico de la banda transportadora del módulo de ensamblaje base-tapa.</b> .....	<b>38</b>
<b>Figura 3-12:</b>	<b>Diseño mecánico del sistema de ensamblaje del pasador.</b> .....	<b>39</b>
<b>Figura 3-13:</b>	<b>Diseño mecánico de la banda transportadora del módulo del pasador.</b> .....	<b>39</b>
<b>Figura 3-14:</b>	<b>Evidencia de la impresión de las piezas.</b> .....	<b>40</b>
<b>Figura 3-15:</b>	<b>Diseño y dimensiones del pallet.</b> .....	<b>40</b>
<b>Figura 3-16:</b>	<b>Diseño y dimensión de la base.</b> .....	<b>41</b>
<b>Figura 3-17:</b>	<b>Dimensión y diseño de la tapa.</b> .....	<b>42</b>
<b>Figura 3-18:</b>	<b>Dimensión y diseño del pasador.</b> .....	<b>43</b>
<b>Figura 3-19:</b>	<b>Alimentación de aire del proceso.</b> .....	<b>44</b>
<b>Figura 3-20:</b>	<b>Diagrama P&amp;ID de la estación de ensamblaje base.</b> .....	<b>45</b>
<b>Figura 3-21:</b>	<b>Diagrama P&amp;ID de la estación de ensamblaje tapa.</b> .....	<b>46</b>

<b>Figura 3-22: Diagrama P&amp;ID de la estación de ensamblaje del pasador.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 3-23: Mini cilindro serie 32 Tandem.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 3-24: Mini cilindros camozzi series 23. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 3-25: Esquema neumático del módulo de ensamblaje base-tapa.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3-26: Esquema neumático del módulo de ensamblaje pasador. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 3-27: Pasarela WECON V-BOX H-AG. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 3-28: PLC Delta DVP32ES2-E RE.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 3-29: PLC Schneider TM221CE16T.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 3-30: Sensor óptico retro reflectivo PE18- R2P3. ....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 3-31: Sensor magnético Airtac CMS 020.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 3-32: Electroválvula 5/2 5/2 Airtac 4V110-06.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 3-33: Pulsadores de control manual.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 3-34: Indicadores.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 3-35: Fuente de 24 voltios (RS-150-24).....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 3-36: Breaker a) Camsco C60K-63, b) Schneider iC60N y c) EBASEE EBS6BN. 63</b>	
<b>Figura 3-37: Interfaz DB25-MG6.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 3-38: Relé MY2.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 3-39: Borneras de contacto entradas/salidas.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 3-40: Borneras de línea.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 3-41: Cable UTP.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 3-42: Cable DB25 hembra-macho. ....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 3-43: Canaleta ranurada. ....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 3-44: Riel DIN. ....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 3-45: Esquema eléctrico del módulo de ensamblaje base-tapa.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 3-46: Esquema eléctrico del módulo de ensamblaje pasador.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 3-47: Diagrama de flujo del módulo ensamblaje base-tapa.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 3-48: Diagrama de flujo del módulo de ensamblaje pasador.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 3-49: GRAFCET del módulo de ensamblaje base-tapa.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 3-50: GRAFCET del módulo de ensamblaje pasador. ....</b>	<b>80</b>

<b>Figura 3-51: Evidencia de la configuración del software COMMGR.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 3-52: Evidencia de la configuración del software DCISoft. ....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 3-53: Escalón de programación para enclavar el inicio del módulo 1.....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 3-54: Escalón de programación del Grafcet del módulo 1.....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 3-55: Escalón de programación de las salidas del módulo 1.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 3-56: Escalón de la protección ante falsos arranques.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 3-57: Escalón de programación para enclavar el inicio del módulo 2.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 3-58: Escalón de programación del Grafcet del módulo 2.....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 3-59: Escalón de programación de las salidas del módulo 2.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 3-60: Escalón de la protección ante falsos arranques del módulo 2.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 3-61: Concepción del diseño para la comunicación de los dispositivos en la red..</b>	<b>92</b>
<b>Figura 3-62: Evidencia de registro de la cuenta en la plataforma V-Net.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 3-63: Correo para la activación de la cuenta de la plataforma V-Net.....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 3-64: Captura del código del dispositivo WECON V-BOX H-AG.....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 3-65: Muestra de la incorporación de nuevos dispositivos de acceso en la plataforma V-Net .....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 3-66: Evidencia de la verificación de la incorporación del dispositivo en la plataforma V-Net. ....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 3-67: Evidencia de la configuración del puerto de comunicación del PLC Delta.</b>	<b>97</b>
<b>Figura 3-68: Evidencia de la configuración del puerto de comunicación del PLC Schneider. ....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 3-69: Evidencia del estado de las variables del módulo de ensamblaje base-tapa .....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 3-70: Estado de las variables del módulo de ensamblaje pasador.....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 3-71: Creación de ventanas del SCADA .....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 3-72: Portada de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 3-73: Menú Principal de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 3-74: Menú del Módulo de ensamblaje base-tapa de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.....</b>	<b>106</b>

<b>Figura 3-75: Menú del Módulo de ensamblaje pasador de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net .....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 3-76: Gráficos de tendencia e histograma en tiempo real de los módulos de ensamblaje de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 3-77: Proceso completo de los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.....</b>	<b>108</b>
<b>Figura 3-78: Alerta de activación del Paro de Emergencia en el Cloud-SCADA.....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 3-79: Alerta de detección de piezas.....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 4-1: Módulo de ensamblaje base-tapa y pasador Antes.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 4-2: Módulo de ensamblaje base-tapa y pasador, Después.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 4-3: Evidencia de toma de muestras de los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador.....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 4-4: Evidencia de la prueba de conectividad del controlador Delta.....</b>	<b>119</b>
<b>Figura 4-5: Evidencia de la prueba de conectividad del controlador Schneider.....</b>	<b>121</b>
<b>Figura 4-6: Prueba de conectividad hacia la pasarela WECON V-BOX.....</b>	<b>122</b>
<b>Figura 4-7: Fórmula para determinar el tamaño de muestras .....</b>	<b>124</b>
<b>Figura 4-8: Gráfico de resultados de la primera pregunta.....</b>	<b>125</b>
<b>Figura 4-9: Gráfico de resultados de la segunda pregunta.....</b>	<b>126</b>
<b>Figura 4-10: Gráfico de resultados de la tercera pregunta .....</b>	<b>127</b>
<b>Figura 4-11: Gráfico de resultados de la cuarta pregunta .....</b>	<b>128</b>
<b>Figura 4-12: Gráfico de resultados de la quinta pregunta. ....</b>	<b>129</b>
<b>Figura 4-13: Gráfico de resultados de la sexta pregunta.....</b>	<b>130</b>
<b>Figura 4-14: Sistema mecatrónico industrial.....</b>	<b>131</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DIAGRAMA P&ID DEL PROCESO

**ANEXO B:** HOJA DE DATOS DE LA PASARELA V-BOX H-AG

**ANEXO C:** HOJA DE DATOS DEL PLC DELTA DVP32ES2-E RE

**ANEXO D:** HOJA DE DATOS DEL PLC SCHNEIDER

**ANEXO E:** CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA V-NET

**ANEXO F:** ENCUESTA

**ANEXO G:** PRACTICAS

## RESUMEN

En el laboratorio de automatización industrial de la FIE-ESPOCH, se ha observado una limitada integración de la tecnología del Internet Industrial de las cosas (IIoT). El objetivo del proyecto de trabajo de titulación fue la implementación de un sistema automatizado de ensamblaje de dos cuerpos Base-Tapa-Pasador con control IIoT utilizando la pasarela WECON V-BOX. La metodología aplicada adoptó un enfoque combinado de métodos cualitativos y cuantitativos con fines didácticos. Se diseñaron los sistemas eléctricos, mecánicos y neumáticos de cada módulo para una instalación eficiente de los equipos de automatización. El control del proceso se realizó mediante dos controladores lógicos programables (PLCs) y un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) basado en la tecnología IIoT. El proceso consistió en colocar un Pallet en una banda transportadora, mediante el uso de sensores ópticos y magnéticos, así como cilindros neumáticos para posicionar las piezas en puntos específicos que se trasladan a través del primer módulo. Allí, se ensambló la Base y la Tapa. Luego, el producto pasa al segundo módulo, donde se monta un Pasador para asegurar la Base con la Tapa. Por último, se implementó un sistema SCADA en la plataforma V-Net de la pasarela WECON V-BOX para supervisar y controlar ambos módulos, permitiendo la visualización y monitoreo del proceso desde cualquier dispositivo con conexión a internet. A través de esta metodología, se logró la implementación exitosa del sistema automatizado de ensamblaje de dos cuerpos con control IIoT, con fines de capacitar a futuros profesionales en el campo de la Automatización Industrial e industria 4.0. Se puede concluir que el proyecto cumple con los parámetros previstos y será Base para las generaciones que se involucren en proyectos relacionados al IIoT.

**Palabras clave:** <AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES >, <SISTEMA AUTOMATIZADO >, <OPTIMIZACIÓN >, <INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS (IIoT)>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) >, <V-NET >, <WECON V-BOX >, <SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA) >.



  
1794-DBRA-UPT-2023

## SUMMARY

In the industrial automation laboratory of FIE-ESPOCH, there has been observed a limited integration of Industrial Internet of Things (IIoT) technology. to implement an automated assembly system for two components, a Base and a cover with a pin, with IIoT control using the WECON V-BOX gateway. The applied methodology adopted a combined approach of qualitative and quantitative methods for instructional purposes. Each module's electrical, mechanical and pneumatic systems were designed for an efficient installation of automation equipment. The process control was carried out using two programmable logic controllers (PLCs) and a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system Based on IIoT technology. The process involved placing a Pallet on a conveyor belt using optical and magnetic sensors and pneumatic cylinders to position the parts at specific points that move through the first module. There, the Base and the cover were assembled. Then, the product passes to the second module, where a pin is mounted to secure the Base and the cover. Finally, a SCADA system was implemented on the V-Net platform of the WECON V-BOX gateway to monitor and control both modules, allowing visualization and monitoring of the process from any device with an internet connection. This methodology successfully implemented the automated assembly system of two components with IIoT control, aiming to train future professionals in the field of Industrial Automation and Industry 4.0. It is concluded that the project meets the established parameters and will serve as a foundation for future generations involved in IIoT-related projects.

**Keywords:** <AUTOMATION OF INDUSTRIAL PROCESSES>, <AUTOMATED SYSTEM>, <OPTIMIZATION>, <INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS (IIoT)>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <V-NET PLATFORM>, < WECON V-BOX GATEWAY>, <SUPERVISORY, CONTROL AND DATA ACQUISITION SYSTEM (SCADA)>.



---

Lenin Iván Lara Olivo

0602546103

## INTRODUCCIÓN

La inclusión de tecnologías avanzadas como la automatización, la industria 4.0 y sistemas de comunicación en los procesos de producción industrial ha dado lugar a una nueva revolución industrial que pretende mejorar la eficiencia, calidad y productividad en la fabricación de productos. Esta revolución, conocida como transformación digital, se enfoca en el uso de sistemas inteligentes, el internet de las cosas enfocado específicamente en aplicaciones industriales y comerciales se le denomina como internet industrial de las cosas (IIoT), se centra en conectar dispositivos y sistemas en una red que se comunica entre sí y con la nube, lo que permite la recopilación y análisis de grandes cantidades de datos para mejorar la eficiencia, productividad y seguridad en entornos industriales. El auge de la industria 4.0 tiene una gran demanda en varias partes del mundo, en algunos países de América Latina todavía se realizan procesos de manera manual o semiautomática, en consecuencia, a esto se realizará el siguiente proyecto enfocado en el aprendizaje de una nueva generación industrial para futuros profesionales procedentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El proyecto en cuestión se enfoca en la “Implementación de un sistema automatizado para el ensamblaje de dos cuerpos base - tapa - pasador con control IIoT utilizando una pasarela WECON V-BOX” en el laboratorio de automatización industrial de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuyo objetivo principal es realizar el ensamblaje de un proceso continuo interconectado por un sistema automatizado de transporte basado en un sistema de supervisión, control y adquisición de datos a través de la nube (CLOUD SCADA). Al implementar este sistema, los estudiantes de la facultad tendrán accesibilidad de adquirir habilidades prácticas y teóricas relacionadas con la cuarta revolución industrial. Además, se espera que este proyecto fomente una educación más enfocada en la automatización y el control de procesos industriales, impulsando así el crecimiento y desarrollo de nuevas tecnologías

Este trabajo se divide en cuatro capítulos, los cuales abordan diferentes aspectos del proyecto técnico. El primer capítulo aborda el diagnóstico del problema, mientras que el segundo realiza una revisión bibliográfica de los requisitos del sistema implementado en el marco teórico. En el tercer capítulo, se describe el marco metodológico, que se enfoca en un análisis detallado de los requisitos técnicos para el desarrollo del sistema automatizado del ensamblaje de los módulos base-tapa y pasador, el diseño mecánico, neumático y eléctrico, la descripción de los elementos utilizados en la implementación, la programación y la configuración del control enfocado a la industria por medio del internet de las cosas (IIoT). Finalmente, en el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos de los módulos de ensamblaje con una supervisión, control y adquisición de datos a través de la pasarela WECON V-BOX.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

En el apartado siguiente se detalla el propósito fundamental de este proyecto, el cual se enfoca en encontrar una solución al planteamiento del problema, en base a los antecedentes se proporciona una explicación de todos los aspectos relevantes del proyecto mediante una justificación que se combina tanto fundamentos teóricos como prácticos. Además, se expone los objetivos tanto generales como específicos que ayudaran en el desarrollo de este.

### 1.1 Planteamiento del Problema

En 1999, se fundó la Facultad de Informática y Electrónica (FIE) en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), que incluye la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización creada en marzo de 2000. Está equipada con una variedad de laboratorios dedicados a áreas relacionadas con control de procesos, máquinas eléctricas, robótica, electrónica, prototipado, industria 4.0, automatización, entre otras, las cuales están diseñadas para cumplir funciones específicas para la producción industrial. A través de estas estaciones de trabajo, los estudiantes pueden comprender el funcionamiento que tiene un proceso automatizado lo cual mejora la eficiencia dentro de la industria.

La tecnología del internet industrial de las cosas (IIoT) es crucial para optimizar la producción de cualquier proceso industrial y llevar a cabo un registro remoto y en tiempo real de los eventos que presentan retrasos o pérdidas en la producción. A pesar de que la FIE cuenta con varios equipos de capacidad industrial, son pocos los procesos de líneas de ensamblaje que adoptan esta tecnología, lo que limita el aprendizaje y genera complejidad. Por esta razón, es fundamental que se adopten proyectos con la tecnología IIoT como punto estratégico en la formación de los estudiantes para garantizar una educación de calidad y generar más oportunidades de investigación en la optimización de procesos industriales y en diferentes áreas del avance tecnológico.

#### *1.1.1 Problema general de investigación*

¿Es posible implementar un sistema automatizado para el ensamblaje de dos cuerpos Base-Tapa-Pasador con control IIoT utilizando una pasarela WECON V-BOX?

### ***1.1.2 Problemas específicos de investigación***

- ¿Cómo se puede redirigir el enfoque del aprendizaje de los estudiantes hacia la utilización efectiva del IIoT en la investigación de sistemas automatizados?
- ¿Cómo resolver la falta de módulos de formación que incluyan dispositivos IIoT y sistemas automatizados?
- ¿Cómo resolver la inoperatividad de módulos debido a la falta de equipamiento y lograr la implementación de sistemas automatizados controlados por IIoT?
- ¿Cómo abordar la cuestión de los costos asociados con la adquisición de módulos de entrenamiento de sistemas de ensamblaje basados en IIoT?

## **1.2 Antecedentes**

En las últimas décadas, se ha observado una tendencia en las fábricas industriales hacia la automatización de los procesos de producción, esta tendencia ha sido impulsada por el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten la interconexión y comunicación entre distintos dispositivos entre sí a través del internet industrial de las cosas. Como se menciona en el trabajo de titulación de maestría de (Diez, 2022, pp. 4-53) tiene como objetivo el diseño de una paletizadora automática en la línea de producción simulada del laboratorio de industria 4.0 en la Universidad Europea en el campus de Villaviciosa de Odón en donde se ha creado un sistema completamente funcional dentro del entorno de la línea de producción simulada y también se ha interconectado distintos equipos, de distintos fabricantes, para obtener una mayor automatización.

En los últimos años, ha habido un desarrollo en el país de procesos automatizados que involucran la interconexión de diferentes dispositivos que interactúan entre sí. Esta tendencia ha sido posible gracias al avance en la tecnología y ha permitido una mayor eficiencia en la producción y control de los procesos industriales, como indica (Gallo, 2018) en su trabajo de titulación el cual consistía en desarrollar e implementar el Internet Industrial de las Cosas (IIoT) aplicado al laboratorio de PLC's de la facultad de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización de la Universidad Técnica de Ambato en donde se establece la implementación del proyecto que se llevó a cabo de una manera experimental, el cual llevó un acceso de manera virtual para visualizar los datos con un monitoreo remoto para los dispositivos inteligentes que se pueden conectar a la red establecida por el router del sistema y también el proyecto alcanzó a integrar la arquitectura propuesta en el concepto de industria 4.0 y el IIoT.

Se han presentado avances significativos en cuanto a la tecnología industrial en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con proyectos técnicos que demuestran el compromiso con

la innovación y el desarrollo en esta área. En particular, se puede hacer referencia al trabajo de titulación de (Abarca y Camacho, 2017, pp. 1-59), que se enfocó en implementar una estación para simulación de procesos de ensamblaje con mesa indexadora y robot industrial en el laboratorio de Automatización de la Facultad de Mecánica, en donde se diseñó y seleccionó los elementos y equipos que conforman la estación de ensamblaje, mediante parámetros de calidad como marca, rendimiento, eficacia, tecnología, parámetros de funcionamiento y fácil manipulación, además se programó el robot industrial de la marca Kawasaki con el modelo RS03N de una manera secuencial y ordenada conjuntamente con sensores y actuadores, recibiendo señales de dichos dispositivos, para que cumpla por etapas el proceso de ensamblaje ya sea que tenga o no, que intervenir en tiempos y posiciones exactas.

La tecnología del IIoT es crucial para optimizar la producción de cualquier proceso industrial y llevar a cabo un registro remoto y en tiempo real de los eventos que presentan retrasos o pérdidas en la producción. A pesar de que la Facultad de Informática y Electrónica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con varios equipos de capacidad industrial, son pocos los procesos de líneas de ensamblaje que adoptan esta tecnología, lo que limita el aprendizaje y genera complejidad. Por esta razón, es fundamental que se adopten proyectos con la tecnología IIoT como punto estratégico en la formación de los estudiantes de esta facultad para garantizar una educación de calidad y generar más oportunidades de investigación en la optimización de procesos industriales y en diferentes áreas del avance tecnológico.

### **1.3 Justificación**

#### ***1.3.1 Justificación teórica***

Las principales ventajas que tienen los procesos automatizados permiten que las empresas realicen un trabajo eficiente y eficaz, sin mencionar el ahorro de tiempo y costos que este proporciona, en la última década se ha presenciado que las empresas están adoptando este proceso de automatización donde abarca la tecnología y distintos procesos que se combinan para realizar un trabajo sin el mayor esfuerzo.

En el laboratorio de automatización industrial de la Facultad de Informática y Electrónica existe la necesidad de implementar un sistema automatizado para el ensamblaje de dos cuerpos base-tapa y pasador, debido a factores externos como el cambio de ubicación del área de trabajo del laboratorio, ocasionó el deterioro de las estaciones de ensamblaje.

Esta propuesta ejercerá un papel importante en los estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización en donde se podrá realizar estudios y trabajo

relacionados con el área de automatización para el ensamblaje, de esta forma se obtendrá bases fundamentales con respecto a la combinación de la automatización con la tecnología que brinda el internet industrial de las cosas (IIoT). El cual va a permitir hacer la reactivación del proceso retomando su funcionamiento y a su vez implementando un control IIoT que permita el monitoreo y supervisión de forma remota.

### ***1.3.2 Justificación aplicativa***

El propósito fue impulsar el estudio y el avance de las nuevas tecnologías en la industria moderna, se buscó fomentar la interconexión de máquinas y sistemas ciber físicos mediante el enfoque del Internet de las Cosas (IoT) para la industria. Esto permitió aprovechar el uso de datos en tiempo real con el fin de optimizar los procesos industriales. Con este propósito, se implementó un sistema automatizado que facilite el ensamblaje de dos cuerpos base-tapa y pasador mediante el control IIoT.

Para alcanzar este propósito, fue fundamental llevar a cabo un análisis situacional del laboratorio de automatización en la FIE, lo cual permitió identificar de manera precisa las necesidades y deficiencias actuales del laboratorio, para lo cual se pudo tomar las medidas necesarias para mejorar el funcionamiento del laboratorio para impulsar el aprendizaje a las futuras generaciones de profesionales, posteriormente, se dimensionó los equipos e instrumentos requeridos para la reconstrucción de un sistema de ensamblaje de dos cuerpos base-tapa y pasador, utilizando la tecnología industrial moderna del IIoT y haciendo uso de una pasarela WECON V-BOX.

Una vez dimensionados los equipos e instrumentos, se procedió a la instalación tanto en los módulos como en los tableros de control adecuados para cada proceso y se distribuyeron los módulos de ensamblaje en áreas específicas que permitió examinar y controlar el proceso de manera óptima.

Para asegurar un proceso de ensamblaje efectivo y continuo, se utilizó dos bandas transportadoras junto con sensores que desempeñaron funciones clave en el sistema. Los módulos están equipados con sensores ópticos retro reflectivos ubicados estratégicamente para detectar la presencia del pallet y las piezas. Cuando el pallet es detectado, el primer módulo activa la banda transportadora, a medida que el pallet avanza, se verifica su presencia debajo de la primera estación, el cual contiene la base. En este punto, un cilindro neumático se activa de manera perpendicular para detener el pallet en la posición adecuada. Al detectar que el pallet se encuentra en el punto específico la banda también se detiene, se libera las bases de un compartimento de almacenamiento de forma secuencial una por una, utilizando actuadores cilíndricos equipados

con sensores magnéticos que detectan la posición del cilindro. Con la ayuda de la gravedad, la base cae sobre el pallet, al finalizar ese proceso el cilindro perpendicular permite el paso del pallet, luego se activa la banda transportadora y el proceso se repite para el sistema que contiene las tapas, con la diferencia de que este sistema no solo detecta el pallet, sino también la base. Una vez finalizado el proceso de ensamblaje en el primer módulo, la banda transportadora continúa funcionando hasta que el pallet pase a la segunda banda. El módulo correspondiente al ensamblaje del pasador, los sensores ópticos retro reflectivos detectan el pallet, la base y la tapa, lo cual permite detener el pallet y ensamblar el pasador para lograr la sujeción de ambas piezas de manera precisa y en el orden correcto.

Para el control y monitoreo de este proceso, se hizo uso del IIoT, el cual recopila datos en tiempo real de los equipos e instrumentos de cada módulo. Estos datos se utilizaron para crear una interfaz gráfica que permite visualizar el funcionamiento del proceso. Para lograr esto, se empleó una pasarela WECON V-BOX, la cual facilita el acceso al proceso desde cualquier dispositivo u ordenador conectado a internet, a través de la nube V-Net. En esta nube se desarrolló un sistema SCADA que permitió la monitorización del proceso mediante dispositivos móviles o PC, brindando un seguimiento en tiempo real de todas las etapas del ensamblaje.

#### **1.4 Objetivo general**

Implementar un sistema automatizado para el ensamblaje de dos cuerpos Base - Tapa - Pasador con control IIoT utilizando una pasarela WECON V-BOX.

##### **1.4.1 *Objetivos específicos***

- Determinar el estado del arte correspondiente a los sistemas de ensamblaje en línea para integrarlo en un solo proceso de fabricación.
- Determinar los requerimientos que se verán involucrados en el desarrollo del sistema automatizado.
- Diseñar un sistema de control IIoT utilizando la nube, para el proceso de ensamblaje automatizado.
- Validar y analizar el funcionamiento a través de los resultados obtenidos al momento de completar el ensamblaje de los dos cuerpos Base – Tapa - Pasador.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

Describe los sistemas automatizados, controladores, sensores, actuadores, dispositivos que permitan la comunicación con la nube y SCADA. Es importante llevar un orden en este tipo de procesos para obtener mayor facilidad al momento de la implementación.

#### 2.1 Automatización industrial

Implica la integración de sistemas mecánicos, electrónicos y computacionales para controlar procesos, reduciendo la intervención humana y mejorando la eficiencia, precisión y seguridad en la producción (Córdoba, 2006, pp. 120-126). Dentro de la automatización, los sistemas de ensamblaje automatizado utilizan una variedad de máquinas para llevar a cabo diversas etapas de ensamblaje, como manipulación, soldadura y transporte de piezas, con ventajas en velocidad y precisión (Kalpakjian y Schmid, 2002, pp. 1057-1058). La estructura de un sistema automatizado comprende componentes interconectados, como sensores, actuadores, controladores y dispositivos de interfaz para el usuario, divididos en una parte operativa y una de control (Moreno, 2001, pp. 10-11). Estos elementos se combinan para mejorar la calidad y productividad en la industria moderna.

#### 2.2 Sistema de manufactura flexible

Se trata de un sistema que está compuesto de máquinas e instalaciones productivas interconectadas a través de un sistema automatizado de transporte, el cual es controlado por un ordenador central. Este sistema de manufactura flexible (FMS) es capaz de producir una amplia variedad de tipos y familias de piezas, así como de ensamblarlas. Este conjunto de herramientas es muy útil para las empresas de fabricación, ya que les permite optimizar su proceso de fabricación y gestionar eficazmente sus recursos. Además, estos sistemas deben ser capaces de adaptarse rápidamente para poder producir una amplia variedad de productos en cantidades pequeñas y medianas, dicho de otra forma, es un conjunto de herramientas que componen de una serie de máquinas y herramientas controladas por un ordenador que pueden procesar un grupo de trabajo (Fúquene et al., 2007: pp. 57-59).

#### 2.3 Sistemas de clasificación

Consta de un conjunto de herramientas, técnicas y tecnologías que permiten categorizar, identificar y organizar objetos, materiales o productos de forma eficiente, en donde involucran el uso de sensores, software que permiten la clasificación y sistemas de transporte automatizado que

permite la identificación y separación de los materiales en función de sus características físicas tales como peso, tamaño o forma, lo cual tiene como consecuencia el incremento de la capacidad de producción para una amplia variedad de productos así disminuyendo los errores humanos (Manjarrés, 2009, pp. 87-130).

#### **2.4 Sistemas de ensamblaje en línea**

Son una evolución de la manufactura flexible (FMS) en una planta industrial, que conecta varias máquinas en línea mediante un sistema de transporte automático. La entrada y salida de materiales es automática, gestionada por un ordenador central que asigna itinerarios específicos a cada pieza. Pueden tener distribución en línea o en anillo (Romero, 2018, pp. 13-15). Además, incorporan robots y dispositivos automatizados para tareas como soldadura, ensamblaje y control de calidad. La implementación de estos sistemas mejora la eficiencia, reduce errores humanos y permite adaptarse ágilmente a la producción diversificada, satisfaciendo las necesidades del mercado y los clientes (Jiménez y Barbosa, 2021, pp. 1277-1282).

#### **2.5 Procesamiento en la nube**

Ofrece servicios a través de servidores accesibles en línea, lo que resulta beneficioso para el Internet de las Cosas (IoT) al reducir costos de infraestructura y mejorar la eficiencia y escalabilidad de sistemas de tecnologías de la información (Bommadevara et al., 2018). La arquitectura de la nube se divide en dos secciones: parte frontal, orientada al usuario, y parte trasera, responsabilidad del proveedor de servicios en la nube. Se destacan tres modelos de servicio en la nube: Software como servicio, Plataforma como servicio e Infraestructura como servicio. Asimismo, se identifican cuatro modelos de implementación: Nube Privada, Comunitaria, Pública y Híbrida, (Ortiz, 2019, pp. 10-11). Destacando el modelo de la Nube Comunitaria la cual está dedicada a una comunidad de organizaciones con objetivos similares para la implementación en el presente proyecto.

#### **2.6 Internet industrial de las cosas (IIoT)**

Es la aplicación en procesos industriales, que integra sensores y dispositivos para recopilar datos en tiempo real. Su objetivo es mejorar la eficiencia en la Industria 4.0 mediante la combinación de capacidades de procesamiento, almacenamiento y comunicación. Se enfoca en la fabricación inteligente y la transformación de la industria a través de tecnologías inteligentes, facilitando la comunicación entre máquinas a través de redes inalámbricas (Joyanes, 2017, pp. 198-200).

### 2.6.1 Arquitectura del IIoT

Incluyen características del contexto industrial. Un modelo de cuatro capas con 13 dimensiones ha sido propuesto por Laurin (et al., 2021: pp. 404-421), como una excelente taxonomía de los componentes arquitectónicos de una Plataforma IIoT. Este modelo se ha obtenido a través de una metodología consistente de siete pasos que incluye la determinación de una meta característica que refleja el propósito de la taxonomía de la Tabla 2-1 y su grupo objetivo, la determinación de las condiciones finales, la elección entre el enfoque empírico a conceptual (E2C) o conceptual a empírico (C2E), la conceptualización de características y dimensiones, el examen de objetos, el diseño inicial o revisión de la taxonomía y la prueba de condiciones finales (Vermesan et al., 2022: pp. 97-195).

**Tabla 2-1:** Taxonomía de elementos arquitectónicos de las plataformas IIoT.

CAPA	DIMENSIÓN	CARACTERÍSTICAS			
Capa de infraestructura	Soporte hardware	Certificado			
	Alojamiento	Bajo premisa	Nube pública	Nube privada	Híbrida
	Procesamiento de datos	Borde	Niebla		Sobre la plataforma
Capa de red	Transporte físico de datos	Cableada	Inalámbrica de rango corto		WAN
	Transmisión lógica de datos	Protocolos de Internet	Protocolos específicos IoT		Protocolos específicos de la industria
Capa middleware	Estructura de datos	Estructurado		No estructurado	
	Tipo de analíticas	Descriptiva	Tiempo real	Predictiva	Prescriptiva
	Tecnología de analíticas	Básica		Avanzada	
	Integración externa	Máquina		Servicios web	
	Código fuente	Código abierto	Componente abierto		Código cerrado
Capa de aplicación	APA	Estándar		Personalizada	
	Despliegue de aplicación	Nativa	Contenedores	Fuera de plataforma	
	Mercado	Interno		Externo	

**Fuente:** (Laurin et al., 2021: pp. 404-421).

**Realizado por:** Macas, K; Ramirez, M, 2023.

La capa de red destaca como un parámetro crucial en la implementación de sistemas automatizados debido a sus características clave en el transporte de datos a través de cableado, WAN, y en la transmisión lógica de datos mediante protocolos de comunicación a internet.

### 2.7 Controlador lógico programable (PLC)

Se aplican principalmente en fábricas industriales automatizadas. Estos dispositivos ofrecen ventajas significativas sobre los circuitos de control convencionales, siendo compactos y reprogramables, reduciendo componentes, optimizando el espacio y permitiendo modificaciones ágiles en los esquemas de control. Esta solución eficaz y rentable impulsó la productividad y eficiencia en la producción. A diferencia de las computadoras generales, estos están diseñados

para entornos industriales desafiantes, ofreciendo operación fiable en condiciones adversas como ruido eléctrico, vibraciones e impactos (Alonso y Molina, 2004, p. 40).

### **2.7.1 Funcionamiento general del PLC**

Recibe información de diversos elementos de entrada, como interruptores, pulsadores de presión o contactos auxiliares. Posteriormente, el programa es verificado y el PLC activa los equipos conectados a la salida, que pueden ser indicadores luminosos, relés, arrancadores u otros controladores, como menciona Shankar (2008, pp. 2-3), se refiere a un proceso que se compone de tres etapas, que posteriormente se las detalla:

- Primera etapa es la prueba del estado de entrada. - Detecta si las entradas, como interruptores o los sensores se encuentran encendidas o apagadas, esta información se guarda en la memoria del PLC para ser utilizada posteriormente en los siguientes pasos del proceso.
- Segunda etapa es la ejecución de la programación. - Ejecuta el programa de manera secuencial y se basa en el estado de las entradas previas para tomar acciones, como activar salidas. Además, los resultados de las acciones se pueden almacenar en la memoria para su uso posterior en los siguientes pasos.
- Tercera etapa es la verificación y corrección del estado de salida. - El PLC ajusta las señales de salida de acuerdo con la información obtenida previamente en la etapa 1 y la ejecución del programa en la etapa 2. Después de esta etapa, el PLC vuelve al inicio del ciclo y repite continuamente estos pasos para un funcionamiento continuo.

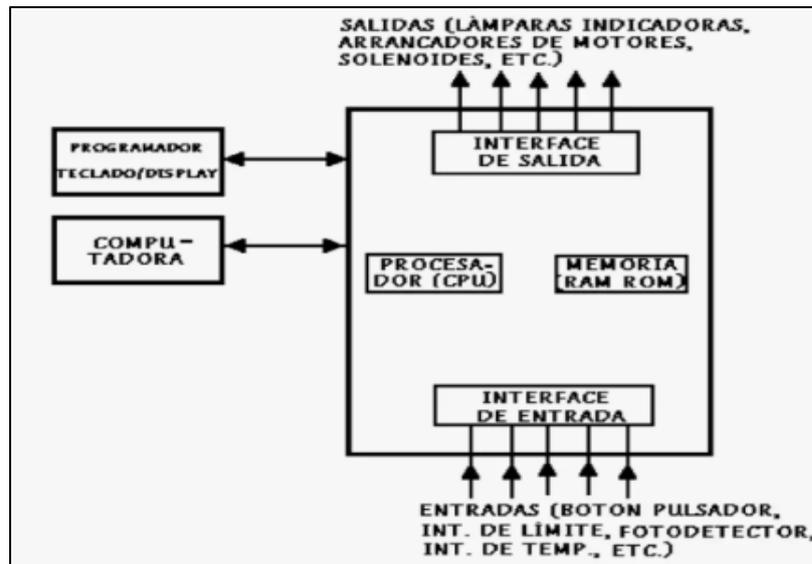
### **2.7.2 Estructura general del PLC**

Está conformado de varios componentes, los cuales se representa en la Figura 2-1 y se explican detalladamente a continuación (Pulley y Flores, 2019, pp. 10 - 20).

- **Unidad central de procesamiento (CPU):** Interpreta las señales de entrada y ejecuta las acciones de control de acuerdo con la programación almacenada en su memoria, comunicando las decisiones como señales de acción a las salidas (Bolton y Anil, 2007, p. 4).
- **La unidad de alimentación:** Es crucial para el correcto funcionamiento del PLC, este controlador convierte el voltaje de corriente alterna (CA) en un voltaje bajo en corriente continua (5V), por lo cual permite que el procesador y los circuitos de los módulos de entrada y salida funciones adecuadamente (Bolton y Anil, 2007, p. 4).
- **Módulos de interfaz de entradas/salidas (E/S):** Los módulos de entrada no solo proporcionan aislamiento eléctrico, sino que también se encargan de adaptar las señales eléctricas de voltaje de los interruptores (switches) ON-OFF del campo industrial, sino a los

niveles lógicos de voltaje de la unidad lógica del PLC, garantizando así un procesamiento preciso de la información, en cambio, los módulos de salida, por su parte, aceptan las señales lógicas de la unidad en sus propios rangos de voltaje, proporcionando el aislamiento eléctrico requerido para los dispositivos conectados al exterior, una integración adecuada del PLC con el mundo externo dependerá del correcto funcionamiento de estos dos módulos (Pulley y Flores, 2019, pp. 10 - 20).

- **Unidad de memoria:** permite almacenar el código de instrucciones o mensajes que debe ejecutar la Unidad Lógica, esta memoria en:
  - **ROM.** -Conocida como memoria de sólo lectura (Random Only Memory), es un tipo de memoria no volátil que no puede ser escrita, pero puede ser leída. Se utiliza para almacenar programas y datos críticos para el funcionamiento de un sistema basado en microprocesadores.
  - **RAM.** – Se la conoce como memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory), esta memoria de tipo volátil, lo que implica que su contenido se borra cuando se interrumpe el suministro eléctrico. No obstante, esta memoria puede ser escrita y leída en cualquier posición según lo requiera la aplicación en uso (Pulley y Flores, 2019, pp. 10 - 20).



**Figura 2-1:** Estructura interna de un PLC.

Fuente: (Pulley y Flores, 2019, pp. 10 - 20).

### 2.7.3 Selección de familia del PLC

Se clasifican en diferentes categorías según su diseño y función, y son ofrecidos por marcas líderes como Schneider Electric, Delta, Siemens y Allen Bradley. Siemens domina en Asia y Europa, mientras que Allen Bradley lidera en Estados Unidos (GSL Industrias, 2021). Tomando como

base la revisión bibliográfica se utiliza como punto de partida para realizar un análisis comparativo de los PLC más reconocidos como se puede ver en la Tabla 2-2 cuyo propósito de esta evaluación es facilitar la selección de los controladores más adecuados para el proyecto en cuestión, proporcionando información relevante y actualizada sobre las características y prestaciones de cada opción.

**Tabla 2-2:** Análisis comparativo de las características de los PLC.

CARACTERÍSTICAS / MARCAS		SIEMENS	ALLEN BRADLEY	DELTA	SCHNEIDER
Tipo		Modular y compacto	Modular y compacto	Alta velocidad	Modular y compacto
Alimentación (depende del modelo)	DC	24 - 48 VDC	12-24 VCC	24-48 VDC	12-24 VDC
	AC	100 - 240 VAC	100 -240 AC	100-240 VAC	100-240 VAC
Software de programación		Software TIA Portal	RSLogix 5000	ISPSoft	EcoStruxure
Software gratuito		Si	No	Si	Si
Puerto de comunicación Ethernet	9/7 E/S	Si	No	No	Si
	16/16 E/S	No	No	Si	No
Comunicación		Ethernet, Profibus, Profinet, etc.	Ethernet, ControlNet, DeviceNet, etc.	Ethernet, ControlNet, Modbus, etc.	Ethernet, Modbus, Modbus TCP, etc.
Costo del mercado	9/7 E/S	430\$	520\$	0\$	300\$
	16/16 E/S	640\$	750\$	300\$	560\$

**Fuente:** (Siemens, 2023; Schneider, 2023; Rockwell automation, 2023; las automation, 2023).

**Realizado por:** Macas, K; Ramirez, M, 2023.

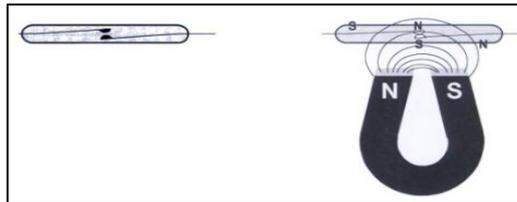
Se llegó a la conclusión de selección de los controladores lógicos programables de Schneider y Delta para el desarrollo de la implementación de los módulos de trabajo. Esto se debe principalmente al hecho de que ambos controladores tienen puertos de comunicación Ethernet RJ45, manejan el protocolo Modbus, la cantidad de entradas/salidas necesarias, precio accesible, lo que los convierte en las mejores opciones disponibles.

## 2.8 Sensores

Son dispositivos que convierten una variable física en una salida manipulable. La mayoría de los sensores entregan señales eléctricas como salida. Se pueden clasificar por el tipo de variable que miden y el principio de transducción. La clasificación por el tipo de variable es común, aunque un mismo sensor puede medir diferentes variables. Los sensores magnéticos y ópticos son notables por su capacidad para detectar una amplia variedad de materiales, incluyendo metales y plásticos, y pueden captar cambios en la posición en tiempo real sin necesidad de contacto físico, lo que preserva la integridad de los elementos involucrados en el proyecto (Ramírez et al., 2014: pp. 17-19).

### 2.8.1 Sensores magnéticos

De tipo sólido utilizado principalmente para detectar posición, entre sus características se destaca un tiempo de respuesta corto, el contacto es suave, usados para cilindros Norgren, con revestimientos resistentes, opciones de montaje y conexión eléctrica ajustables y lámpara indicadora LED, que suelen ser utilizados en el área industrial, en la Figura 2-2 se puede observar el funcionamiento básico de un detector magnético (Hyde et al., 1997: pp. 72-76).

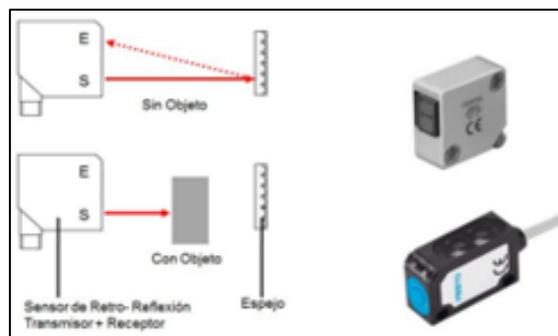


**Figura 2-2:** Funcionamiento básico del sensor magnético.

Fuente: Hyde et al., 1997: p. 73.

### 2.8.2 Sensor óptico retro reflectivo

Consiste en una unidad que contiene tanto el emisor como el receptor, con haces ópticos paralelos que emiten un haz de luz infrarroja que es reflejado por una pantalla reflectora como se indica el funcionamiento básico en la Figura 2-3. La detección se produce cuando un objeto opaco interrumpe el recorrido del haz. Estos sensores son útiles para la detección segura de objetos de mediano alcance, hasta 15 metros, en ambientes sin adversidades. Se utiliza en varias industrias, como la de minería, madera, papel, cristal, plástico, alimentaria e industria en general (Yaguachi, 2013, pp. 21-22).



**Figura 2-3:** Funcionamiento de un sensor retro reflectivo.

Fuente: Yaguachi, 2013, p. 22.

### 2.8.3 Criterio de selección de sensores

Para seleccionar un sensor en un entorno industrial, es necesario considerar varios criterios que se encuentran relacionados. Estos criterios se detallan en la Tabla 2-3, y abarcan aspectos como

las características de alimentación, las entradas y salidas del sensor, las magnitudes a medir, las condiciones del proceso y otros factores relevantes.

**Tabla 2-3:** Criterios para la selección de sensores.

<b>Características de alimentación</b>	Frecuencia	
	Potencia	
	Estabilidad	
	Tensión	
	Corriente	
<b>Características de entrada-salida</b>	Impedancia	
	Sensibilidad	
	Por la forma de señal	Unipolar Flotante
<b>Magnitud por medir</b>	Tipo:	Corriente Tensión Frecuencia
	Magnitudes interferentes	
	El tiempo de respuesta	
	Ancho de banda	
	Resolución	
	Margen de medida	
	Exactitud deseada	
	Temperatura ambiente	
<b>Condiciones del proceso</b>	Nivel de protección	
	Nivel de vibraciones	
	Dimensiones	
<b>Otros factores</b>	Peso	
	Vida útil	
	Costos de adquisición	
	Disponibilidad	
	Costos de mantenimiento	
	Costos de sustitución	

**Fuente:** (Balarezo y Granda, 2015, p. 55)

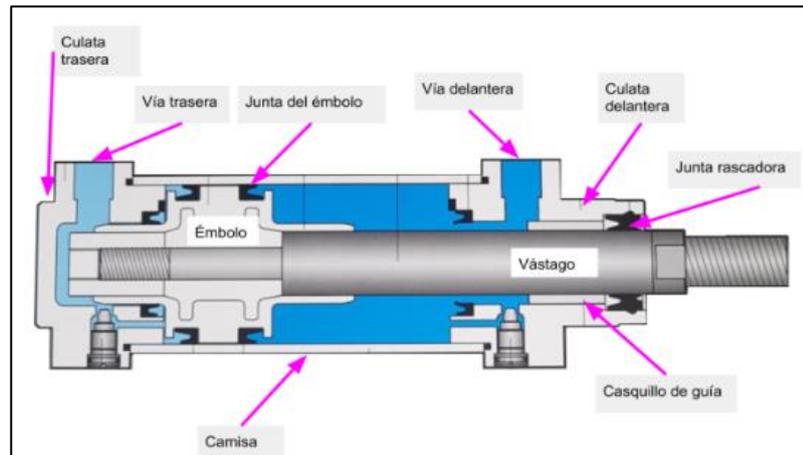
**Realizado por:** Macas, K; Ramirez, M, 2023.

Los sensores retro reflectivos y magnéticos deben cumplir con varios criterios, como frecuencia, estabilidad, tensión de operación, señales unipolares en las entradas, sensibilidad mínima, precisión y tiempo de respuesta. También deben tolerar vibraciones, proporcionar protección adecuada y ser abundante. En resumen, se eligen sensores retro reflectivos ópticos para detectar objetos en procesos de ensamblaje, y sensores magnéticos para detectar objetos metálicos y la posición de piezas móviles.

## 2.9 Sistemas neumáticos

El proceso de automatización de una máquina no se limita a la elaboración del diagrama del sistema, sino que también implica la elección adecuada del receptor y su perfecta integración con la máquina correspondiente, los receptores se conocen como actuadores neumáticos o elementos de trabajo, y su función es convertir la energía neumática del aire comprimido en trabajo mecánico

(Guillén, 1988, pp. 31-38). En la Figura 2-4 se muestra los elementos principales de cilindros neumáticos.



**Figura 2-4:** Elementos principales del cilindro neumático

Fuente: (Vajello, 2023)

Estos actuadores se utilizarán en el proyecto debido a su rápida capacidad de respuesta para llevar a cabo acciones en función de las decisiones tomadas por el PLC, lo que permite controlar las piezas a ensamblar.

## 2.10 Redes de comunicación industrial

Se considera importante la confiabilidad y la seguridad de la transmisión de datos. Es esencial que la red pueda garantizar la transmisión precisa y oportuna de la información crítica para el control y la operación de los sistemas industriales, al mismo tiempo que protege contra posibles amenazas externas. Además, también es importante considerar la escalabilidad de la red, la flexibilidad y la facilidad de integración con diferentes dispositivos y sistemas como:

### 2.10.1 Modelo OSI

Desarrollado por el Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT) y la Organización Internacional de Normalización (ISO), para proporcionar un marco de referencia para el desarrollo de estándares que permitieran la interoperabilidad completa en redes (Griera et al., 2008: pp. 50-52). Aunque su complejidad y la simplicidad de los estándares de Internet limitan su adopción, el modelo OSI siguen siendo valioso para la comprensión de conceptos de redes y su relación con las arquitecturas de redes actuales (Obando y Vásquez, 2022).

Este proyecto está basado en el modelo OSI ya que puede verse como un lenguaje universal para la conexión de las redes de equipos. Lo que lo convierte en un sistema confiable para la implementación de proyectos relacionados con la comunicación del internet.

### 2.10.2 Pasarela IIoT

También conocido como Gateway, son dispositivos que actúan como puerta de enlace entre los dispositivos de borde y la nube para recopilar, procesar y estandarizar los datos antes de enviarlos a la nube. También permite la conexión de dispositivos Modbus a Ethernet y el acceso a Internet (LAN o WiFi) para aplicaciones de servicio remoto. Estos dispositivos ofrecen una variedad de funciones que respaldan una mayor eficiencia en entornos de producción, como la conectividad, la recopilación de datos, la comunicación, el procesamiento en tiempo real, la toma de decisiones y la supervisión de la producción, lo que permite una mejor optimización de procesos y reducción de residuos (MachineMetrics, 2019). Para seleccionar el dispositivo apropiado para el proyecto, se debe considerar una comparación.

#### 2.10.2.1 Comparación de los dispositivos IIoT

Teniendo en cuenta la definición del apartado anterior, La Tabla 2-4 presenta una comparación detallada de las características de tres dispositivos IIoT disponibles en el mercado.

**Tabla 2-4:** Comparativa de los Atributos distintivos de los dispositivos IIoT

CARACTERÍSTICAS	EWON FLEXY 205	WECON V-BOX H-AG	SIMATIC IOT2050 Avanzado
CPU	Cortex-A8 400 MHz.	Cortex A7 528MHz	AM6548 HS
Protocolo de comunicación Modbus	Si	Si	Si
Sistema Operativo	eCatcher	Linux	Yocto Linux
Cantidad de interfaces de red Ethernet	3	3	2
Almacenamiento	30 Mb	128 Mb	2GB
Alimentación	12 - 24VDC	12 - 24VDC	12 - 24VDC
Uso de energía	<20w	<10w	<10w
Acceso a aplicación Android	No	Si	No
Disponibilidad de servicio en la nube gratuito	Limitada	Si	No
Software intuitivo para la adquisición y diseño de datos	No	Si	Si
Costo	1500 \$	800 \$	\$ 1200 \$

Realizado por: Macas, K; Ramirez, M, 2023.

Se ha optado por elegir la Pasarela WECON-BOX H-AG. La cual ofrece un protocolo Modbus para facilitar la comunicación con otros dispositivos compatibles con el protocolo. Además, cuenta con una interfaz amigable que garantiza una conectividad sólida y confiable, lo que garantiza la seguridad de los datos y los protege de posibles amenazas externas. Por último, su precio accesible la convierte en una opción atractiva en el mercado y su capacidad de almacenamiento en la nube para la compatibilidad con aplicaciones móviles.

### **2.10.3 Modbus**

Es un protocolo de comunicación diseñado por MODICON (ahora parte de Schneider Electric) en 1979. Permite la transmisión de información entre diferentes equipos electrónicos conectados a un mismo bus, con un dispositivo maestro y varios equipos conectados que se los denomina equipos esclavos, lo que permite a los fabricantes desarrollar dispositivos Maestro y Esclavo sin costes adicionales. Además, es fácil de implementar y ofrece cierta flexibilidad en la transmisión de información (Gallegos y Delgado, 2015, pp. 19-28). Existen diferentes tipos como:

#### **2.10.3.1 Tipos de Modbus**

Existen tres tipos: RTU, ASCII y TCP/IP, cada uno de los cuales tiene una arquitectura de protocolos distinta (Candelas, 2011, pp. 20-22).

- **RTU.** - Es un protocolo binario, ofrece transmisión rápida y aprovecha eficazmente el canal de comunicación, pero requiere gestión precisa del tiempo y utiliza intervalos de silencio para detectar errores (Candelas, 2011, pp. 20-22).
- **ASCII.** - Como menciona Crespo, (2022), el protocolo transmite bytes como caracteres ASCII, permitiendo rangos de tiempo más amplios entre envíos, pero requiere más ancho de banda y es más lento que Modbus RTU.
- **TCP/IP.** – Según Tomas (2006, pp. 1-4), el protocolo habilita la comunicación cliente-servidor en redes Ethernet TCP/IP, con mensajes de solicitud, indicación, respuesta y confirmación para transacciones entre el cliente y el servidor.

Debido a que el proyecto cuenta con puertos Ethernet, se destaca el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, por habilitar una comunicación efectiva en un esquema cliente-servidor en redes Ethernet. Permite la transmisión de varios tipos de mensajes para iniciar transacciones, enviar solicitudes, recibir respuestas y confirmar la transmisión de datos entre el cliente y el servidor. Esto lo convierte en una elección relevante debido a que requiere una comunicación fiable y estructurada en entornos de red Ethernet TCP/IP, lo que es esencial en numerosos escenarios industriales y de automatización.

## **2.11 SCADA**

Es un software que permita el monitoreo y control remoto de un proceso a través de herramientas de comunicación adecuadas. No es un sistema de control en sí mismo, sino una herramienta de supervisión que actúa como interfaz entre los niveles de control y gestión. Para aprovechar su instalación de manera efectiva, se deben cumplir los siguientes objetivos: funcionalidad completa en sistemas operativos Windows, arquitectura abierta para permitir combinación con otras aplicaciones, facilidad de instalación y uso, integración con herramientas de producción, capacidad de configuración y escalabilidad, independencia del sector y tecnología, y funciones de mando y supervisión integradas (Aquilino, 2011, pp. 19-23). Este software debe ser trasladado a una nube la cual se denomina Cloud SCADA.

### **2.11.1 Cloud SCADA**

El traslado de sistemas a la nube tiene ventajas tanto para el cliente como para el proveedor. Para el cliente, se obtienen ahorros en el costo total de propiedad, enfoque en competencias centrales y acceso más rápido a nuevas funciones. Para el proveedor, la nube puede proporcionar inherentemente soporte para redundancia, escalabilidad y mayor tiempo de actividad. La nube también puede ayudar a respaldar la funcionalidad básica de SCADA, como la conectividad a dispositivos físicos, almacenamiento de datos y monitoreo y análisis. Las soluciones en la nube de Infraestructura como Servicio (IaaS) y Datos como Servicio (DaaS) pueden proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo estas tareas (Zomaya y Sakr, 2017, pp. 699-703).

## **2.12 Normatividad**

Otorga reglas y estándares establecidos para garantizar la seguridad, calidad, eficiencia y confiabilidad de productos y sistemas. La determinación de las especificaciones necesarias detrás de una norma técnica es llevada a cabo por diversos actores como comités de fabricantes, organizaciones de consumidores, centros de investigación y departamentos gubernamentales. Estas normas son obligatorias y se aplican para mantener el orden y proteger los derechos y el bienestar de las personas y la sociedad en general (CDE, 2023).

### **2.12.1 Norma ISA - S5.1**

Señala estándares para la representación, identificación y funciones de instrumentos y sistemas utilizados en la medición, seguimiento y control. Su objetivo es satisfacer las necesidades de los usuarios al identificar y representar equipos de medición y control, ofreciendo símbolos y

métodos alternativos. Es aplicable en diversos sectores industriales para describir la relación y funcionalidad de los equipos (NORMA ISA S5.1).

#### **2.12.2 Norma ISA - S5.4**

Ofrece directrices para la elaboración y uso de diagramas de lazos de instrumentos presentando información mínima y adicional. Estos diagramas forman parte de los dibujos de ingeniería, como los Dibujos de Tuberías e Instrumentación (P&ID) Su objetivo es mejorar la comunicación y comprensión de estos diagramas entre el personal técnico y no técnico, facilitando el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas. Además, establece información mínima requerida para los esquemas de control, con opciones adicionales para casos específicos (NORMA ISA S5.4).

#### **2.12.3 Norma IEC (Comisión Electrotécnica Internacional)**

Es la principal organización mundial encargada de establecer normas en el ámbito de las tecnologías eléctricas, electrónicas y relacionadas. Se destaca por su liderazgo en la elaboración y publicación de estándares internacionales en estos campos, abarcando diversas áreas de la electrotecnia. Su labor es reconocida y ampliamente respetada a nivel global (IEC, 2023).

##### **2.12.3.1 Norma IEC 60617**

Incluye una base de datos con más de 1900 símbolos gráficos utilizados en diagramas electrotécnicos. Permite una representación estandarizada de la información técnica y ofrece opciones de búsqueda y navegación. Se requiere una suscripción para acceder a la base de datos a través de los Comités Nacional de la IEC. Además, esta norma define una metodología estándar para la representación de información técnica en diagramas eléctricos, lo que mejora la comunicación entre profesionales y facilita la transmisión de conocimientos en el campo eléctrico (IEC 60617, 2012).

##### **2.12.3.2 Norma IEC 60898-1**

Es un estándar internacional que se enfoca en los interruptores automáticos utilizados para la protección contra sobre corriente de cableado en circuitos eléctricos de uso doméstico (son conocidos como interruptores para riel DIN) y aplicaciones similares. Además, establece requisitos técnicos, especificaciones y pruebas de cumplimiento para garantizar su correcto funcionamiento a diferentes (50Hz, 60Hz, 50/60Hz) y voltajes nominales de hasta 440V (fase a fase). Además, limita la corriente nominal máxima a 125 A y la capacidad nominal de

cortocircuito a 25,000 A. Su objetivo principal es asegurar la protección adecuada contra sobre corriente en instalaciones eléctricas residenciales e instituciones similares (IEC 60898-1, 2019).

#### **2.12.4 Norma ANSI/ISA 101.01**

Mejora la usabilidad, eficiencia y seguridad de las interfaces, al ofrecer directrices precisas para la presentación de información, la navegación intuitiva y la comunicación efectiva entre operadores utilizando la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) en donde se desempeña un papel crucial al conectar a los operadores con los sistemas automáticos de control, para poder tener un diseño efectivo de HMI se deben considerar los siguientes principios generales para mejorar la productividad, la seguridad y reduce las distracciones: (ISA-101.01, 2015).

- *“El HMI debe ser una herramienta efectiva para el control seguro y eficiente del proceso.*
- *El HMI debe facilitar la detección temprana, el diagnóstico y la respuesta adecuada a situaciones anormales.*
- *El HMI debe estar estructurado de manera que ayude a los operadores a priorizar la respuesta ante trastornos principales o múltiples simultáneos del sistema.*
- *Cualquier falla en la pantalla o en los elementos de esta debe ser detectada de forma inmediata por el operador”* (ISA-101.01, 2015, pp. 35).

El uso de colores en la interfaz gráfica del operador se realiza de manera altamente flexible, adaptándose a las necesidades específicas de la aplicación y el sistema en cuestión. Por lo tanto, el diseño de colores puede variar según las preferencias y requisitos del sistema en particular, siempre manteniendo la conformidad con los principios de diseño y usabilidad recomendados por la norma, en la Figura 2-5, se presenta una representación de los colores que pueden utilizarse en una interfaz gráfica de operador (HMI).

Color	RGB Values	Sample	Defined Uses
Gray	213, 213, 213		Overall graphic background
White	255, 255, 255		Highlighting of some small items, e.g., PV Quality indications
Light Gray	243, 243, 243		"ON" indication for equipment
Gray	136, 136, 136		"OFF" indication for equipment
Dark Gray	74, 74, 74		Some text, minor process lines
Black	0, 0, 0		Text and labels, major process lines, process vessel outlines. Dark Gray (64, 64, 64) can also be a good choice.
Dark Blue	0, 0, 215		Process values, controller modes and outputs, similar special purposes. Trend line for a single trended value.
Dark Green	0, 128, 0		Controller setpoints and other operator inputs, trend trace of setpoints
Light Green	153, 255, 102		Possible "faint green" for some specific highlighting
Light Blue	187, 224, 227		Desired operating ranges or conditions
Cyan	0, 255, 255		Vessel level strips, trend lines
Brown	204, 102, 0		Trend lines, position feedback indication
Pale Red (Pink)	255, 153, 204		Possible "faint red" for some specific indications
Red	255, 0, 0		Top level, Priority one alarm
Yellow	255, 255, 0		Priority two alarm
Orange	255, 102, 0		Priority three alarm
Magenta	255, 0, 255		Priority four alarm for diagnostics
Dark Magenta	204, 0, 102		Trend lines

**Figura 2-5:** Descripción de colores en pantallas HMI.

**Fuente:** Norma ISA 101, 2015.

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

Se considera una evaluación del estado técnico del sistema, los requerimientos que necesita el proyecto para su funcionamiento. Este capítulo manifiesta los diagramas esquemáticos y P&ID de cada módulo, así como los diseños mecánicos, neumáticos y eléctricos que se derivan de cada proceso. También se involucra la programación de los controladores respectivos de cada estación, así como el diseño de control en la nube de la pasarela.

#### 3.1 Evaluación del estado técnico del sistema

Antes de proceder con la definición de los requisitos necesarios para el proyecto, es esencial realizar un análisis del estado actual de los módulos. Para llevar a cabo este proceso, se emplea una metodología de evaluación de usabilidad, centrada en la inspección del estado técnico desde una perspectiva objetiva y externa (Hurtado et al. 2013: pp, 95-104). En este apartado se determina el estado de las condiciones físicas y técnicas del módulo en un momento dado.

Las condiciones técnicas se pueden obtener mediante cálculos simples y experiencia para ello hay que seguir los siguientes pasos basados en el trabajo de titulación de Chiluisa (2019):

1. Determinar el equipo a ser evaluado.
2. Hacer una lista de aspectos a ser evaluados.
3. Calificar los aspectos como satisfactorio, aceptable, insatisfactorio e inaceptable.
4. Se debe sumar una serie de aspectos y asignarles valores, utilizando la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Características de valoración.

ASPECTOS	VALOR
Satisfactorio	1
Aceptable	0.8
Insatisfactorio	0.6
Inaceptable	0.4

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

5. Luego se obtiene un promedio de los valores obtenidos, y se divide por 100 para obtener un porcentaje el cual será comparado con la Tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Ponderación de estado técnico.

ESTADO	VALOR	SERVICIO DE MANTENIMIENTO
Satisfactorio	90-100	Inspección.
Aceptable	80-89	Reparación insignificante.
Insatisfactorio	70-79	Reparación media.
Inaceptable	< 69	Reparación total.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.1.1 Estado técnico del módulo de ensamblaje base-tapa

Durante el desarrollo del proyecto se realizó un análisis del estado del módulo, como se puede visualizar en la Figura 3-1. Para ello se toma en cuenta varias características del módulo, las cuales fueron en listadas en la Tabla 3-3 para su respectiva evaluación junto a los aspectos de valoración de la Tabla 3-1.



**Figura 3-1:** Estado del módulo de ensamblaje base-tapa.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-3:** Estado de los materiales del módulo de ensamblaje base-tapa.

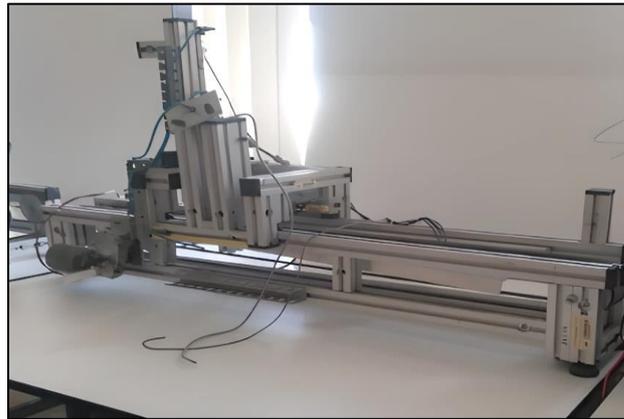
CANTIDAD	ESTADO DE MATERIALES	ESTADO TÉCNICO	VALOR DEL ESTADO TÉCNICO
1	Estructura	Aceptable	0,8
3	Sensores magnéticos	Inaceptable	0,4
1	Motor	Aceptable	0,8
2	Cilindro doble efecto 20 cm	Aceptable	0,8
3	Cilindro doble efecto 7 cm	Aceptable	0,8
5	Electroválvulas	Insatisfactorio	0,6
3	Mangueras	Inaceptable	0,4
2	Canaletas	Insatisfactorio	0,6
1	Cableado eléctrico	Inaceptable	0,4
1	Control	Inaceptable	0,4
1	Estado funcional	Inaceptable	0,4
3	Poleas	Aceptable	0,8
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>15,8</b>
<b>PORCENTAJE</b>			<b>60,76%</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Como resultado del análisis calculado se obtiene un estado técnico del 60,76 %, lo que significa que el módulo se encuentra en un estado **Inaceptable** por lo que el servicio de mantenimiento será determinado como **Reparación total**.

### 3.1.2 Estado técnico del módulo de ensamblaje pasador

La Figura 3-2 muestra el estado técnico del modulo de ensamblaje pasador, en donde se nota la falta de materiales. Para ello se tomó en cuenta varias características del módulo, las cuales fueron en listadas en la Tabla 3-4 para su respectiva evaluación junto a los aspectos de valoración de la Tabla 3-1.



**Figura 3-2:** Estado del módulo de ensamblaje pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-4:** Estado de los materiales del módulo de ensamblaje pasador

CANTIDAD	ESTADO DE MATERIALES	ESTADO TÉCNICO	VALOR DEL ESTADO TÉCNICO
1	Estructura	Aceptable.	0,8
2	Sensores magnéticos	Inaceptable.	0,4
1	Motor	Aceptable.	0,8
2	Cilindro doble efecto 20 cm	Aceptable.	0,8
2	Electroválvulas	Insatisfactorio.	0,6
1	Mangueras	Inaceptable.	0,4
1	Canaletas	Insatisfactorio.	0,6
1	Cableado eléctrico	Inaceptable.	0,4
1	Control	Inaceptable.	0,4
1	Estado funcional	Inaceptable.	0,4
3	Poleas	Aceptable.	0,8
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>9,8</b>
<b>PORCENTAJE</b>			<b>61 %</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Como resultado del análisis calculado se obtiene un estado técnico del 61 %, lo que significa que el módulo se encuentra en un estado **Inaceptable** por lo que el servicio de mantenimiento será determinado como **Reparación total**.

Es importante notar que en las Tabla 3-3 y Tabla 3-4 se resalta que los elementos como los motores, poleas, cilindros y estructuras están en condiciones aceptables, lo que permite su reutilización en la implementación. Por otro lado, las electroválvulas se encuentran en un estado insatisfactorio, lo que indica la necesidad de llevar a cabo labores de mantenimiento antes de su utilización.

### **3.2 Requerimientos del proceso**

Después de analizar la evaluación técnica de estado de los módulos se procede a identificar las fases que conformaran el funcionamiento.

En la primera fase se encuentra el módulo de ensamblaje base-tapa, este módulo requiere de las siguientes entradas y salidas:

- **Cuatro pulsadores** que permitirá controlar los módulos
- **Cinco sensores ópticos** los cuales detectaran la presencia de las piezas.
- **Cinco sensores magnéticos** que detectaran la posición de los vástagos de los cilindros neumáticos
- **Un motor de 24 V** que permite el movimiento de la banda transportadora.
- **Dos mini cilindros Camozzi series 23** que detengan el pallet debajo de la estación base y la estación tapa.
- **Tres mini cilindros serie 32 Tandem** que liberen la base y la tapa, de su compartimento de almacenamiento.
- **Dos indicadores** que ayuden a identificar si el módulo se encuentre en funcionamiento o detenido.

Con base en las entradas y salidas mencionadas, se necesitará un PLC con un mínimo de 14 entradas y 8 salidas para llevar a cabo la implementación. En base a la Tabla 2-2 se destaca que el PLC de la marca Delta, debido al no existir en el mercado un número de entradas y salidas que coincidan con el requerimiento de este módulo se opta por la serie DVP 32ES2-E RE que cuenta con 16 entradas y 16 salidas.

En la segunda etapa se aborda el módulo de ensamblaje del pasador, requiere de las siguientes entradas y salidas:

- **Cuatro pulsadores** que permitirá controlar los módulos
- **Tres sensores ópticos** que detectara la presencia del pallet, la base y la tapa.
- **Dos sensores magnéticos** que detectara los vástagos de los cilindros neumáticos.
- **Un motor de 24 V** que permite el movimiento de la banda transportadora.
- **Dos mini cilindros serie 32 Tandem** que liberen la base y la tapa, de su compartimento de almacenamiento.
- **Dos indicadores** que ayuden a identificar si el módulo se encuentre en funcionamiento o detenido.

Con base en las entradas y salidas mencionadas, se necesitará un PLC con un mínimo de 9 entradas y 5 salida. En base a la Tabla 2-2 para este módulo se destaca el PLC de la marca Schneider el cual cumple con los requerimientos establecidos, la disponibilidad en el mercado de encontrar un PLC que concuerde con el número de entradas y salidas es escasa, por lo que se opta por escoger la serie TM221CE16T de 9 entradas y 7 salidas.

La tercera fase se centra en la monitorización y visualización del proceso a través del control IIoT. Esto involucra la recopilación de datos desde los controladores lógico-programables mediante un dispositivo de comunicación conocido como 'pasarela'. Para el propósito del control IIoT. Después de analizar la Tabla 2-4, se ha elegido la pasarela de la marca WECON, en particular, la serie V-BOX H-AG, debido a su cumplimiento con los requisitos establecidos. Utiliza el protocolo de comunicación Modbus y ofrece almacenamiento en la nube por medio de una plataforma denominada V-Net de manera gratuita que permite el monitoreo y la visualización en tiempo real de los datos del proceso a través de cualquier dispositivo con acceso a Internet.

### ***3.2.1 Características de los requerimientos de todo el proceso.***

Las características de los dispositivos de la línea de montaje del sistema son las siguientes:

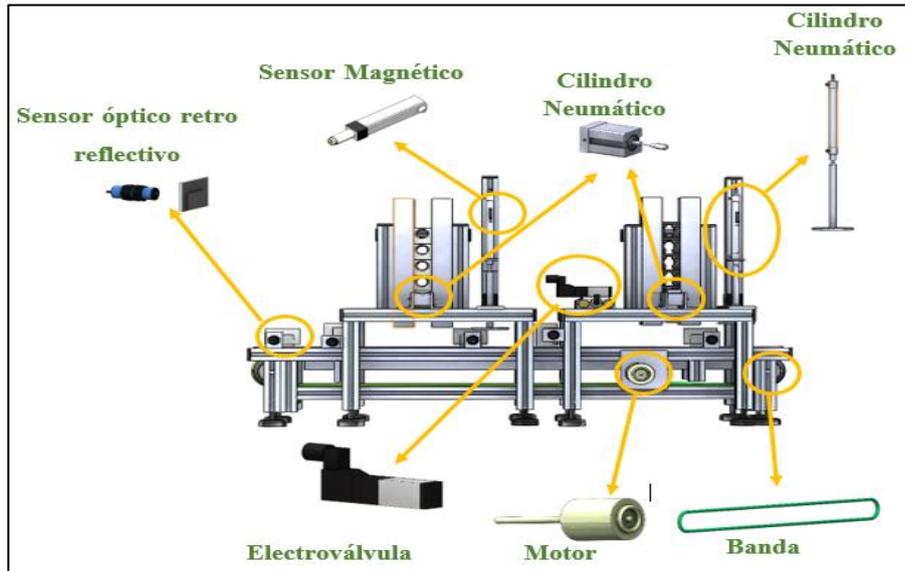
- El módulo de ensamblaje base – tapa debe contar con un PLC Delta DVP32ES2-E RE de 16 entradas y 16 salidas digitales para conectar a los sensores, actuadores, indicadores y pulsadores.
- El módulo de ensamblaje pasador debe contar con un PLC TM221CE16T de 9 entradas y 7 salidas digitales para conectar a los sensores, actuadores, indicadores y pulsadores.
- Para el control IIoT se opta por la pasarela WECON V-BOX serie H-AG la cual está equipada con dos puertos de tipo RJ45 utilizados para la conexión de los PLC de cada módulo.

- Para detectar la presencia de las piezas se opta por los sensores ópticos retro reflectivo PE18- R2P3.
- Los cilindros cuentan dentro de su estructura con propiedades magnéticas al final del vástago, tomando en cuenta este factor importante se opta por los sensores magnéticos Airtac CMS 020, los cuales permiten detectar la proximidad y el movimiento para garantizar que la posición de los cilindros sea la adecuada en el proceso.
- Se debe utilizar los mini cilindros de la marca Tandem y Camozzi de la serie 32 y 23 respectivamente debido a que su estado se encuentra en estado aceptable y se puede reutilizar en el proceso.
- Se debe utilizar la electroválvula doble efecto de 5 puertos 2 posiciones de la marca Airtac, ya que al emplear el debido mantenimiento se encuentra en un estado aceptable y su función no presenta mayor complejidad.
- Cada módulo debe reutilizar los motores eléctricos de 24 voltios DC, que se encuentra en un estado aceptable, los cuales permitirán el accionamiento de la banda.
- Utilizar un relé MY2 para activar los motores por medios de los PLC.
- Los dos módulos deben contar con su respectivo panel de control, el cual contiene botones como: inicio, paro, reinicio que son de tipo normalmente abierto (NO) y un paro de emergencia de tipo hongo normalmente cerrado (NC) que se encuentran estandarizados bajo la norma IEC.
- Cada módulo posee un circuito de mando y de fuerza. En el circuito de mando interviene la conexión del PLC y en el circuito de fuerza se da la activación de los actuadores del proceso. Cada uno con su respectiva protección termo magnética la cual debe estar basada en la norma IEC 60898-1.
- Cada módulo debe contar con una entrada de alimentación neumática que proviene del compresor que se encuentra dentro del laboratorio de automatización dentro de la FIE, ya que al tratarse de una línea manufactura con actuadores neumáticos es importante poseer un sistema de aire comprimido estable que respalde su funcionamiento.
- Diseñar un diagrama P&ID basado en la norma ISA S5.1 y S5.4, que permitan visualizar una representación gráfica del sistema de ensamblaje, para mostrar cómo están interconectados, también se debe diseñar los diagramas eléctricos en base a la norma IEC 60617 y el diseño neumático del sistema automatizado.
- En cada módulo se debe implementar tres indicadores de alerta del sistema, el primer indicador menciona el arranque del proceso, el segundo hace énfasis cuando el proceso está parado y el tercero hace relevancia al suministro de voltaje de alimentación de la estación basados en la norma IEC.

- El laboratorio de automatización de la Facultad de Informática y Electrónica debe garantizar la disponibilidad de una red con acceso para habilitar la comunicación a la nube V- Net de la Pasarela Wecon V-Box, que garantice una latencia mínima para los controladores.
- Un diseño e implementación estructural de 2 mesas y 2 pedestales que permitan establecer los módulos y los sistemas de control.
- Se requiere hacer que los módulos sean flexibles con la Interfaz DB25-MG6, con el cable de tipo DB25 hembra- macho.
- Fuente conmutada de 24 V en DC para alimentar los circuitos de los módulos.
- Borneras de line y de contacto de tipo riel DIN para implementar el circuito de los módulos.
- Es necesario Rieles dito DIN para el montaje de los dispositivos mencionados.
- Canaletas de tipo ranura para organizar la implementación del esquema de conexión.
- Cable RJ45 para la conexión entre los dispositivos.
- Un diseño e impresión de las piezas con material PLA, como el pallet, base, tapa y pasador que se acoplen a la estructura de los módulos de ensamblaje.
- El control del proceso mediante un sistema SCADA, el cual debe estar diseñado en base a la normativa ANSI/ISA-101.01-2015.
- El costo de reconstrucción y repotenciación al incorporar la tecnología IIoT debe ser accesible e inferior en comparación con sistemas de producción similares.

Tras analizar los requisitos, se procede a identificar el propósito de cada módulo de ensamblaje.

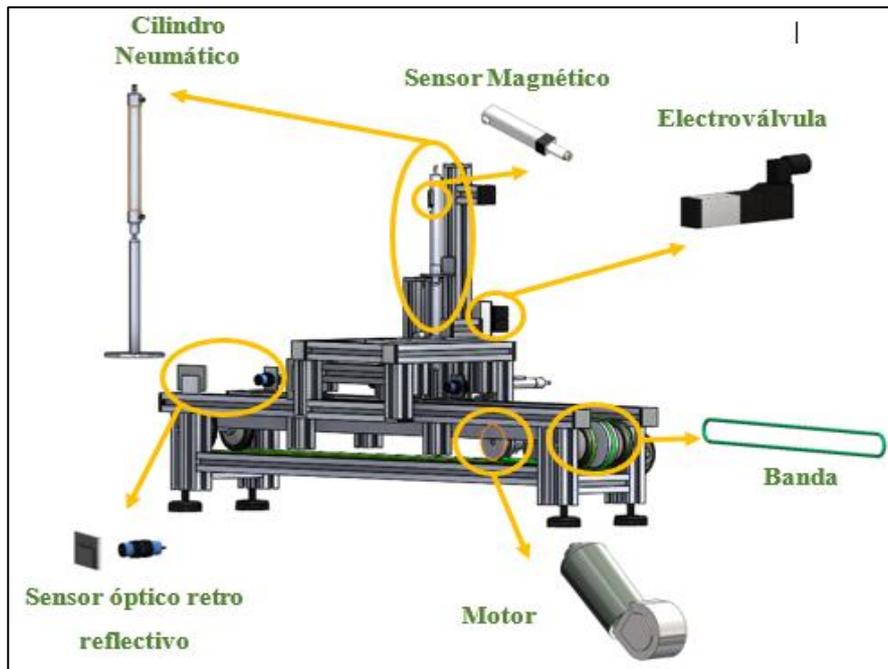
El propósito principal del primer módulo es realizar el montaje de la base y la tapa sobre el pallet. Para lograrlo, es crucial la posición de los sensores y actuadores utilizando dentro de la estructura de las estaciones base, tapa y la banda transportadora, como se puede observar en la Figura 3-3.



**Figura 3-3:** Posicionamiento de los sensores y actuadores del módulo base-tapa.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

El propósito del segundo módulo es ensamblar el pasador en la pieza ya ensamblada proveniente del módulo anterior, garantizando que la tapa no se desplace de la base. Para lograr este objetivo, es fundamental considerar la posición de los sensores y actuadores mencionados, como se puede apreciar en la Figura 3-4.

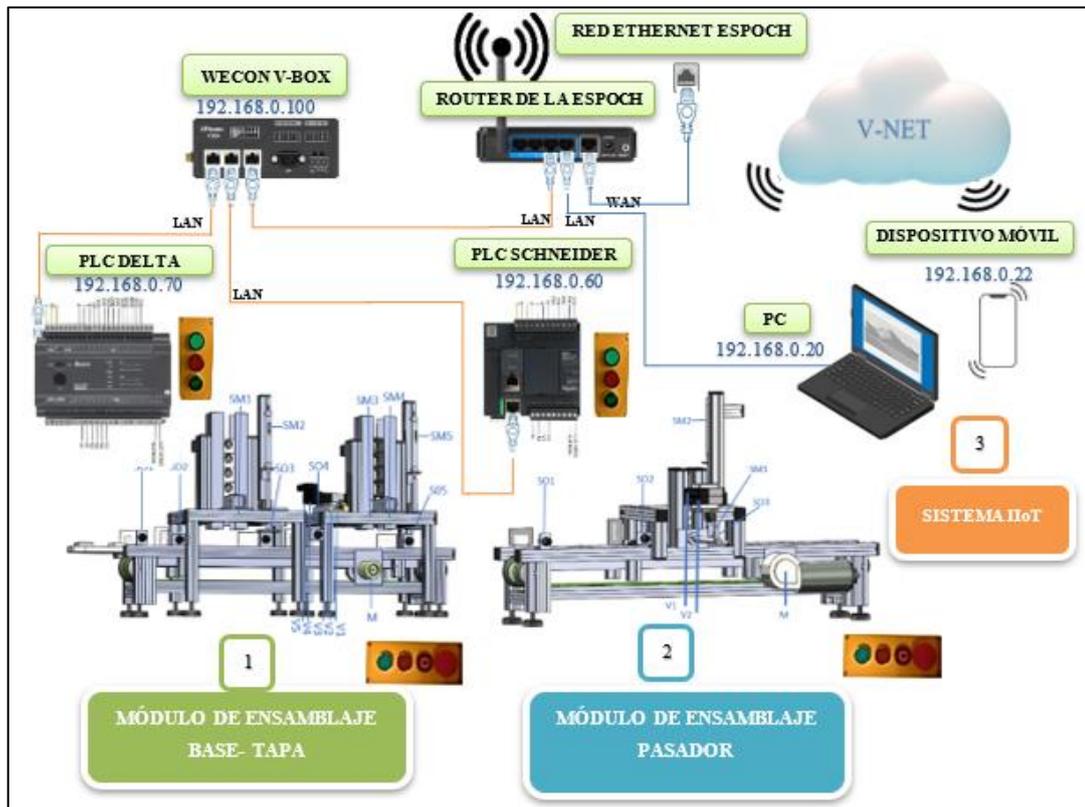


**Figura 3-4:** Posicionamiento de los sensores y actuadores del módulo pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.2.2 Concepción general del proceso

La Figura 3-5 muestra una representación general del proyecto, donde se aplican los requerimientos necesarios, los cuales se dividen en 3 fases, dos módulos de ensamblaje y un sistema IIoT. El funcionamiento del sistema será controlado por los pulsadores y el sistema SCADA permitiendo la visualización desde un dispositivo con conexión a Internet mediante la página web oficial del proyecto.



**Figura 3-5:** Concepción del sistema.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Una vez que las estaciones se ponen en marcha, los sensores recopilan datos para determinar la posición del pallet. Estos datos son enviados por los controladores a la pasarela, la cual permite la manipulación y visualización del proceso en tiempo real a través de un sistema SCADA.

### 3.2.3 Elementos del módulo de ensamblaje base-tapa

En la Tabla 3-5 se muestra los dispositivos que se involucran para el funcionamiento del primer módulo de ensamblaje en base a las secciones 3.1 y 3.1.1.

**Tabla 3-5:** Elementos del módulo de ensamblaje base-tapa.

Nº	DISPOSITIVO	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Delta DVP 32ES2-E RE	PLC	Realiza la programación del proceso.
5	Sensores	Ópticos Retro reflectivos	Detecta la posición del pallet.
5	Sensores	Magnéticos	Detecta la posición del cilindro.
1	Motor	Eléctrico DC	Arranca la banda transportadora.
5	Electroválvulas	Monoestables	Acciona los actuadores neumáticos.
5	Cilindros de doble efecto	Neumáticos	Detiene las piezas a ensamblar.
1	Relé	Eléctrico	Acciona el motor.
1	Interfaz de comunicación		Lleva el orden en el circuito de mando hacia la estación.
1	Cable Ethernet	RJ45	Comunica el PLC a la pasarela.
1	Cable de comunicación interfaces	DB9-25	Comunica el circuito de mando con el de fuerza.
2	Lámparas	Verde y rojo	Detecta el funcionamiento y paro del proceso.
1	Lámpara de voltaje	110 v	Detecta el voltaje de suministro del módulo.
3	Pulsadores	Abierto	Botones de inicio, paro y reinicio del sistema.
1	Pulsador Emergencia	Hongo	Botón de paro de emergencia.
2	Fuentes	Convertidor AC/DC	Convierte 110 voltios de entrada a 24 voltios de salida.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.2.4 Elementos del módulo de ensamblaje pasador

En la Tabla 3-6 se muestra los dispositivos que se involucran para el funcionamiento del segundo módulo en base a las secciones 3.1 y 3.1.2.

**Tabla 3-6:** Elementos del módulo de ensamblaje pasador.

Nº	DISPOSITIVO	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	PLC Schneider TM221CE16T	Delta	Realiza la programación del proceso.
3	Sensores	Retro reflectivos	Detecta la posición del pallet.
2	Sensores	Magnéticos	Detecta la posición del cilindro.
1	Motor	Eléctrico	Arranca la banda transportadora.
2	Electroválvulas	Monoestables	Acciona los actuadores neumáticos.
2	Cilindros de doble efecto	Neumáticos	Detiene las piezas a ensamblar.
1	Relé	Eléctrico	Acciona el motor.
1	Interfaz de comunicación		Lleva el orden en el circuito de mando hacia la estación.
1	Cable Ethernet	RJ45	Comunica el PLC a la pasarela.
1	Cable de comunicación interfaces	DB9-25	Comunica el circuito de mando con el de fuerza.
2	Lámparas	Verde y rojo	Detecta el funcionamiento y paro del proceso.
1	Lámpara de voltaje	110 v	Detecta el voltaje de suministro del módulo.
3	Pulsadores	Abierto	Botones de inicio, paro y reinicio del sistema.
1	Pulsador Emergencia	Hongo	Botón de paro de emergencia.
1	WECON V-BOX series HG	Pasarela	Permite la comunicación IIoT
2	Fuente	Convertidor AC/DC	Convierte 110 voltios de entrada a 24 voltios de salida

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

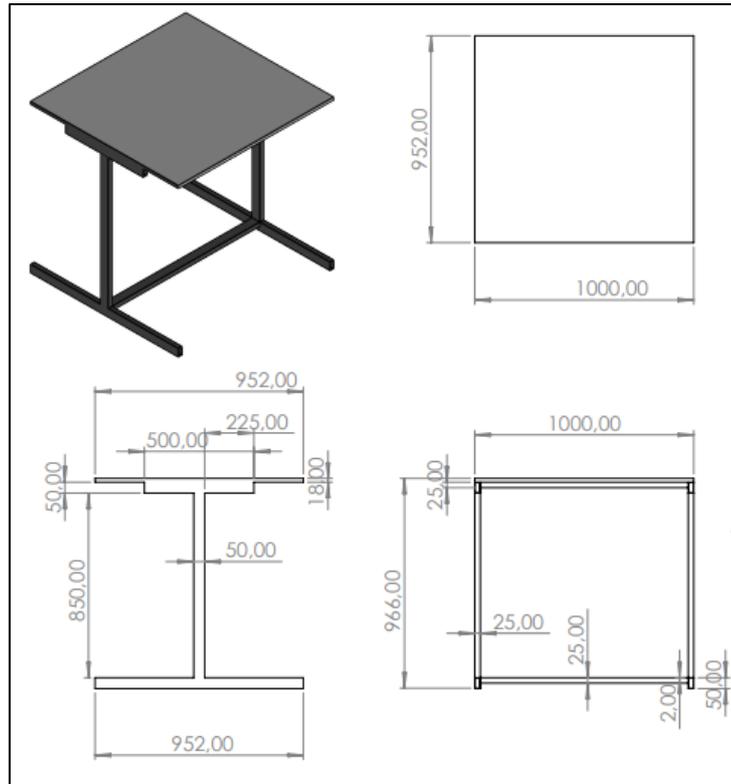
### 3.3 Diseño estructural del proceso

El objetivo principal de este apartado es llevar a cabo el diseño estructural del sistema automatizado, con la finalidad de crear una estructura sólida y eficiente que permita la ubicación adecuada de los módulos de ensamblaje. Además, se desarrolla un pedestal que alberga los componentes de control y alimentación necesarios. Asimismo, se creará las piezas principales en las cuales está enfocado el proyecto como: el pallet, la base, la tapa y el pasador, mediante el uso del software SolidWorks versión 2021; además se creará los modelos virtuales en 3D de los módulos, permitiendo una visualización detallada y realista de los mismos (Solidworks, 2021).

#### 3.3.1 *Diseño estructural de la mesa del módulo de ensamblaje base-tapa*

Durante el proceso de dimensionamiento, se consideran las dimensiones de los elementos que serán montados sobre la mesa, como la banda transportadora, el módulo de ensamblaje base-tapa, el circuito de alimentación del motor y los componentes del tablero de control del módulo. Al tener en cuenta estos parámetros, se reflejan un modelo 3D del diseño de la estructura de la mesa, que se muestra en la Figura 3-6. Este diseño cuenta con las medidas correspondientes que se

detallan en la Tabla 3-7, donde se indica el material y las dimensiones en milímetros con las que se construye la estructura de la mesa a una escala de 1:20.



**Figura 3-6:** Diseño estructural de la mesa del módulo de ensamblaje base-tapa.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-7:** Dimensiones estructurales de la mesa del módulo de ensamblaje base-tapa.

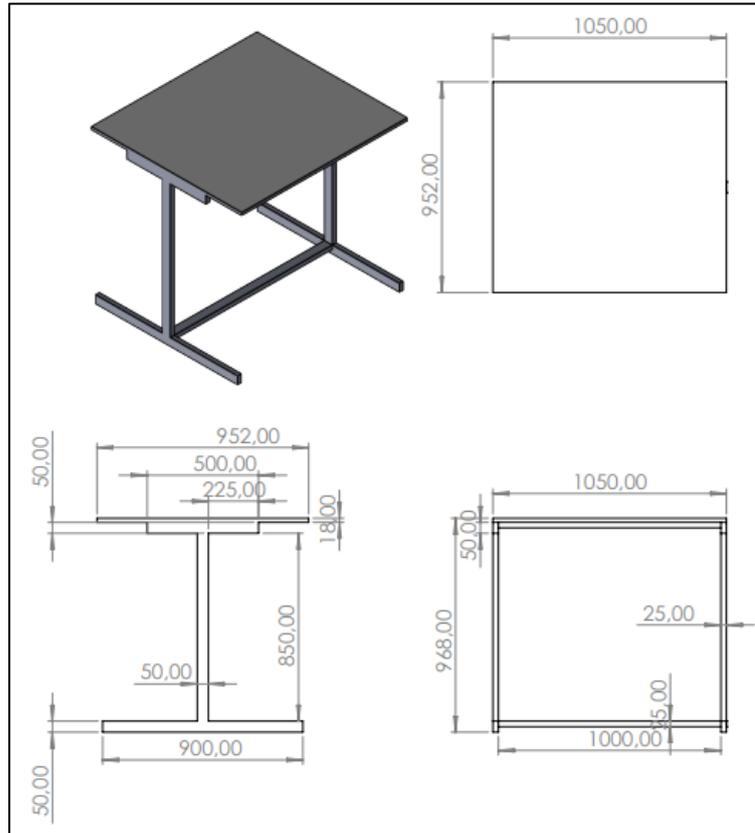
VARIABLES		DIMENSIONES
<b>Estructura metálica</b>	<b>Tipo de material</b>	Hierro Negro
	Largo	1000 mm.
	Alto	850 mm.
	Ancho	952mm.
<b>Estructura Base</b>	<b>Tipo de material</b>	Melamina
	Largo	1000 mm.
	Ancho	952 mm.

Realizado por: Macas K; Ramirez M,2023.

### 3.3.2 *Diseño estructural de la mesa del módulo de ensamblaje pasador*

Tal como en el módulo de ensamblaje de la base- tapa, se tienen en cuenta los componentes que se van a montar sobre esta estructura, que se asemeja al diseño estructural de la misma. De manera similar, en la Figura 3-7 se muestra un modelo estructural de la mesa específicamente diseñada

para el módulo de ensamblaje del pasador, y en la Tabla 3-8 se detallan las variables y dimensiones correspondientes a este diseño.



**Figura 3-7:** Diseño estructural de la mesa del módulo de ensamblaje pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-8:** Dimensiones estructurales de la mesa del módulo de ensamblaje pasador.

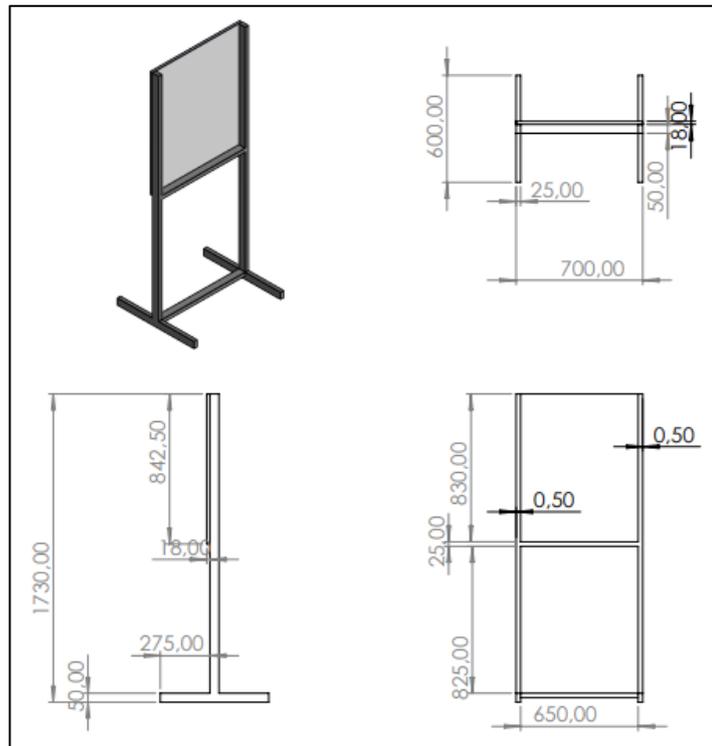
VARIABLES		DIMENSIONES
<b>Estructura metálica</b>	<b>Tipo de material</b>	Hierro Negro
		25 mm de ancho x 50mm de largo x 0.9 mm de espesor.
	Largo	1050 mm.
	Alto	850 mm.
<b>Estructura base</b>	Ancho	952mm.
	<b>Tipo de material</b>	Melamina
	Largo	1050 mm.
	Ancho	952 mm.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.3.3 Diseño estructural del pedestal para los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador

Se hará énfasis en la estructura encargada de soportar el lazo de control y alimentación. El diseño estructural de esta estructura tendrá una altura apropiada para permitir la visualización y la intervención del operador. En la Figura 3-8 se ilustran las dimensiones y el diseño detallado del

pedestal, mientras que en la Tabla 3-9 se especifican las medidas correspondientes. Cabe destacar que este diseño será empleado en ambos módulos de ensamblaje.



**Figura 3-8:** Diseño estructural del pedestal para los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-9:** Dimensiones estructurales del pedestal para los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador.

VARIABLES		DIMENSIONES
Estructura metálica	Tipo de material	Hierro Negro
		25 mm de ancho x 50mm de largo x 0.9 mm de espesor.
	Largo	600 mm.
	Alto	1730 mm.
	Ancho	700mm.
Estructura base	Tipo de material	Melamina
		18 mm de espesor.
	Largo	830 mm.
	Ancho	700 mm.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

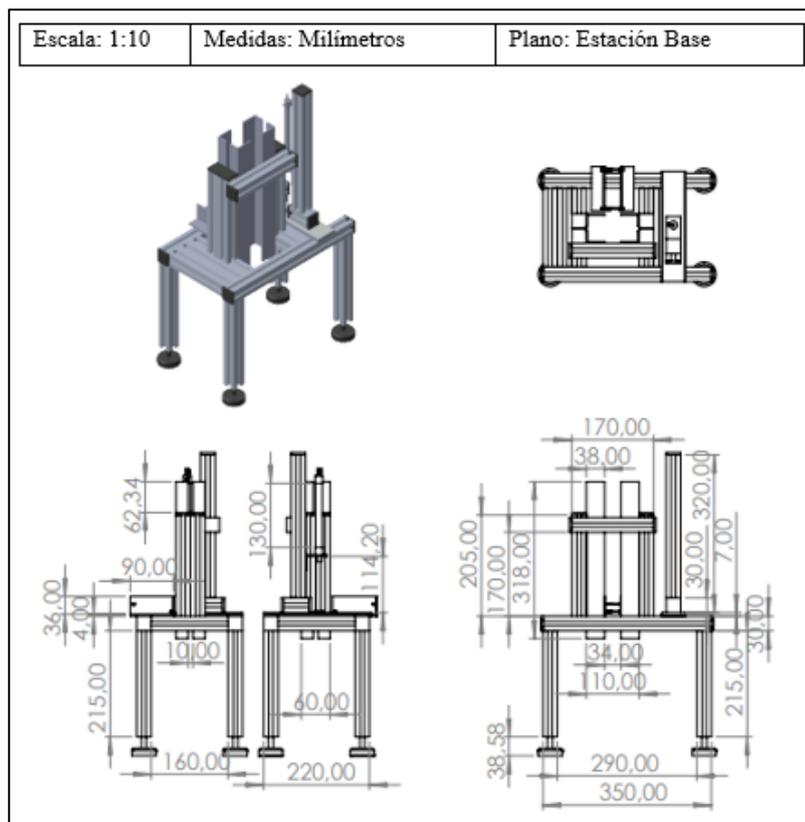
En base a las Tabla 3-7, Tabla 3-8 y Tabla 3-9 se destaca que el material utilizado en la implementación fue de tipo metálico y hierro negro, por su estética y por su resistencia ante la corrosión.

### 3.3.4 Modelado tridimensional de las estaciones de trabajo desde una perspectiva mecánica

En el siguiente apartado se muestra la representación gráfica en 3D de los módulos de ensamblaje, las representaciones son de carácter mecánico de la banda transportadora y de la base de los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador.

#### 3.3.4.1 Sistema de la base la tapa del módulo de ensamblaje y la banda transportadora

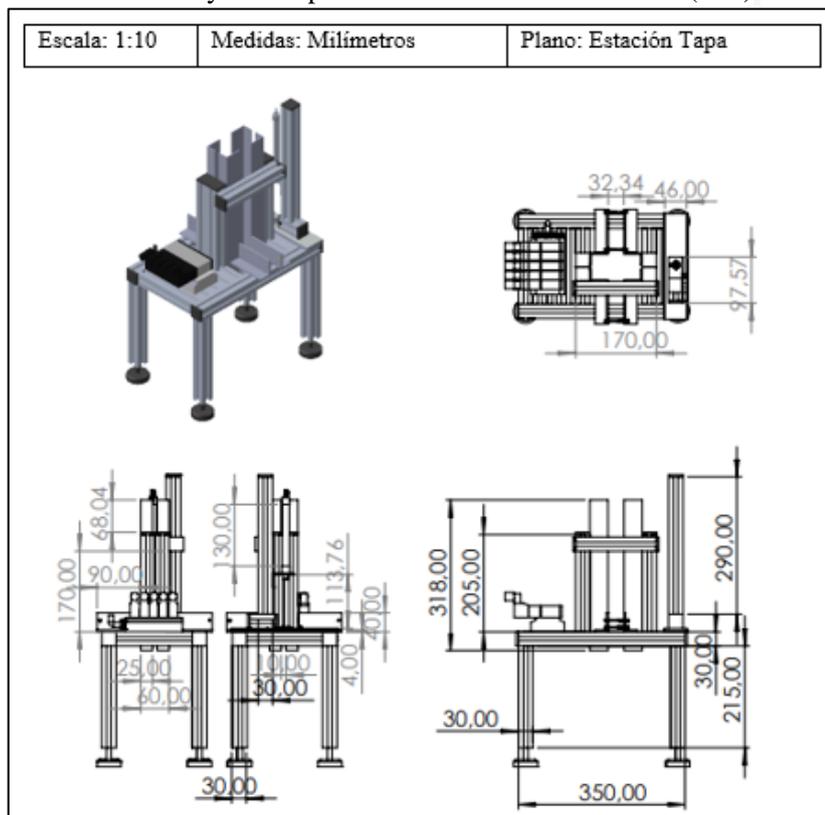
El primer módulo consta de dos sistemas de ensamblaje para la base y la tapa. Su estructura mecánica se compone de cuatro soportes con apoyos antideslizantes, que sostienen una superficie diseñada para alojar un compartimento de almacenamiento adecuado para las dimensiones de la base. Además, incluye diseños estructurales que sirven de soporte para dos cilindros neumáticos. El primer cilindro neumático se encarga de liberar las bases, mientras que el segundo cilindro neumático detiene el pallet en una posición adecuada para colocar las bases. En la Figura 3-9 se presenta una representación visual de esta descripción, junto con las dimensiones correspondientes medidas en milímetros.



**Figura 3-9:** Diseño mecánico estructural del sistema de la base.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

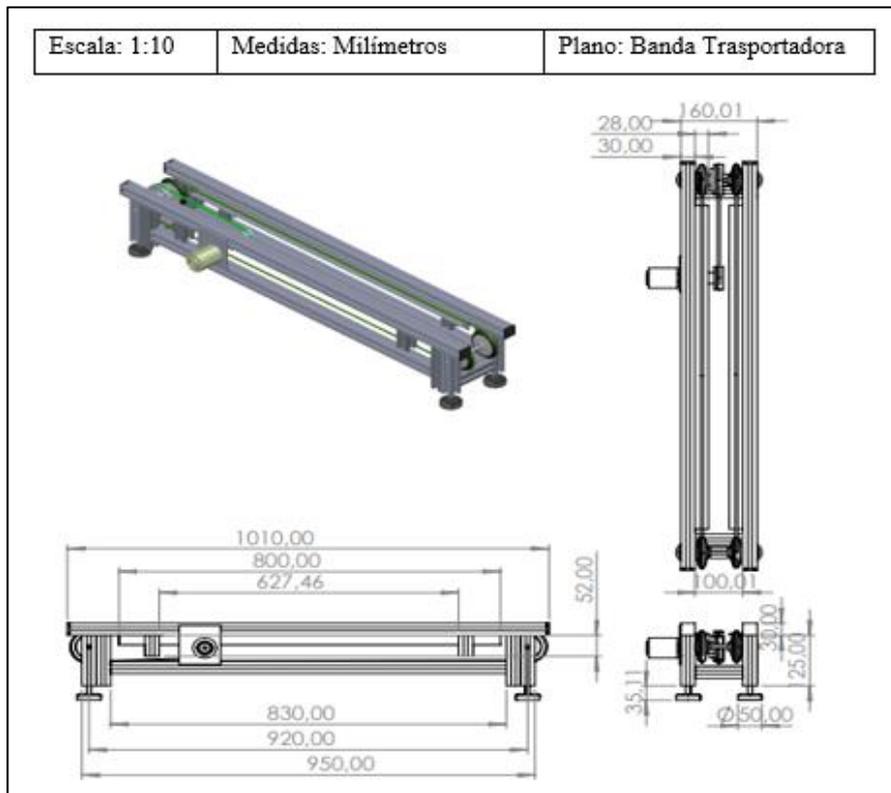
Continuando con el segundo proceso del módulo de ensamblaje, el cual corresponde al sistema correspondiente a la tapa. Al igual que la base, este sistema cuenta con 4 pilares equipados con soportes antideslizantes, los cuales sostienen una estructura de almacenamiento diseñada específicamente para la tapa. Además, incluye 3 soportes adicionales para los cilindros neumáticos. Los dos primeros cilindros tienen la función de sostener y liberar las tapas cuando sea apropiado, mientras que el tercer cilindro se activa para detener el pallet con la base y permitir la liberación de la tapa, la cual se ensambla sobre las dos piezas previamente unidas. En la Figura 3-10 se muestra una representación virtual tridimensional de la tapa, con todos los elementos descritos anteriormente y sus respectivas medidas en milímetros (mm).



**Figura 3-10:** Diseño mecánico estructural del sistema de la tapa.

**Realizado por:** Macas K; Ramiro M.

Para lograr la integración en línea de los sistemas, es necesario utilizar un sistema de transporte, en este caso, una banda transportadora cuyo diseño mecánico se muestra en la Figura 3-11. Esta banda cuenta con cuatro soportes que incluyen pies antideslizantes para garantizar la estabilidad. El diseño rectangular de la banda es adecuado para mantener una distancia óptima entre los sistemas de base-tapa, permitiendo que el proceso se realice de manera eficiente. Además, los soportes tienen una longitud adecuada para asegurar que la banda pueda soportar el peso del pallet y sus piezas. Además, los soportes de la banda transportadora están diseñados de manera adecuada para brindar estabilidad al sistema, las medidas se encuentran en milímetros (mm).



**Figura 3-11:** Diseño mecánico de la banda transportadora del módulo de ensamblaje base-tapa.

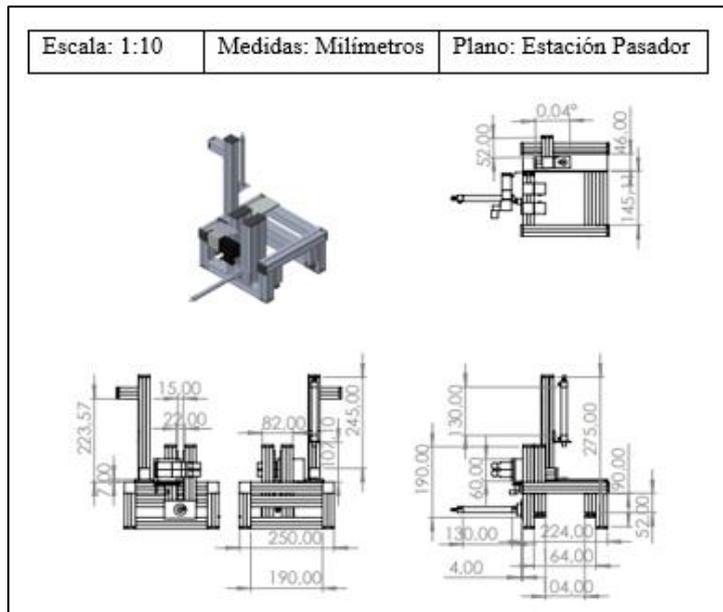
**Realizado por:** Macas K; Ramirez M.

#### 3.3.4.2 Sistema de módulo de ensamblaje pasador y la banda transportadora

Con el fin de mejorar la eficiencia del sistema de ensamblaje del módulo anterior, se requiere la incorporación de un módulo adicional encargado de colocar un pasador para asegurar una sujeción adecuada entre la base y la tapa. Este sistema de ensamblaje del pasador está construido con una estructura mecánica reforzada, especialmente diseñada para manejar piezas pequeñas como el pasador, lo cual lo hace más compacto en comparación con otros componentes.

El sistema de ensamblaje del pasador consta de una estructura con cuatro soportes, cada uno equipado con piezas antideslizantes, que se colocan estratégicamente sobre la banda asignada para este proceso. Además, se ha incorporado un diseño de almacenamiento adyacente a la estructura. En la parte inferior de dicho diseño, se encuentra un cilindro neumático que facilita la colocación del pasador dentro de la base y la tapa de manera precisa.

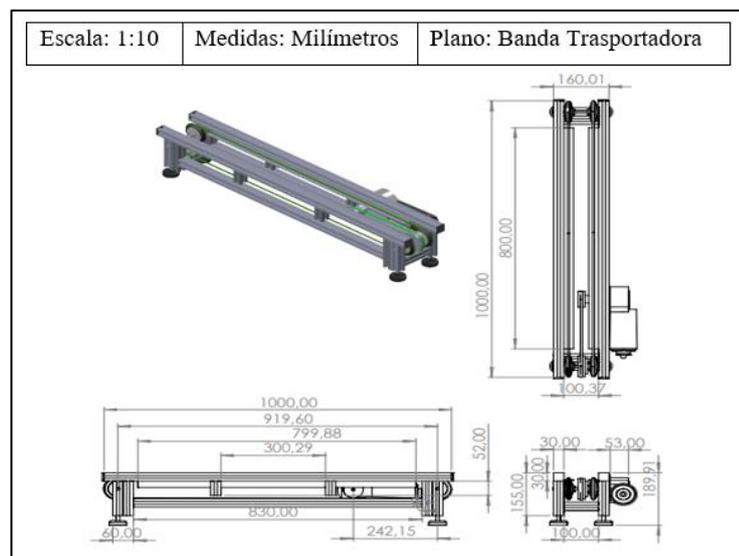
Para asegurar un ensamblaje eficiente, es necesario que el pallet se detenga en un punto específico. Con este propósito, el sistema cuenta con una estructura adecuada para soportar un cilindro que cumpla esta función de detención como se muestra en la Figura 3-12, contiene sus medidas en milímetros (mm).



**Figura 3-12:** Diseño mecánico del sistema de ensamblaje del pasador.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M.

Con el objetivo de lograr una integración y unión efectiva en el sistema de ensamblaje en línea, se emplea una banda transportadora. Esta banda se adapta tanto al proceso anterior como al actual, asegurando una producción continua en línea. Además, cuenta con una estructura reforzada que se asemeja al módulo de ensamblaje base-tapa, desempeñando un papel crucial en la finalización del proceso de producción. Para comprender mejor este diseño mecánico, puedes consultar la Figura 3-13.

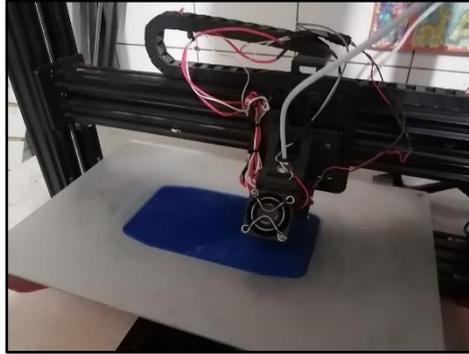


**Figura 3-13:** Diseño mecánico de la banda transportadora del módulo del pasador.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M.

### 3.4 Diseño de las piezas

Es crucial familiarizarse con las piezas que forman parte de este sistema. Para lograrlo, se utilizará el software SolidWorks 2021 para crear un modelo tridimensional virtual de dichas piezas, las cuales se exportaron en formato STL para exportar a el software de la impresora cartesiana 3D CREALITY ENDER-3 V2 para imprimir, con el material PLA, esta impresión se evidencia en la Figura 3-14 (SolidWorks, 2021).

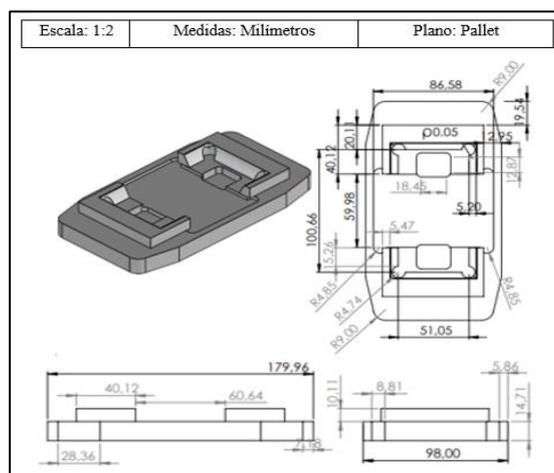


**Figura 3-14:** Evidencia de la impresión de las piezas.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M.

#### 3.4.1 Diseño del pallet

Se requiere una plataforma rígida para el transporte y protección de las piezas durante la distribución por los diferentes módulos. Se diseña un pallet rectangular con dimensiones de 179,96 mm de largo, 98 mm de ancho y 14,71 mm de alto, con bordes redondeados de 9 mm de radio para facilitar su desplazamiento en línea recta por la banda transportadora. La base del pallet tendrá un diseño específico para mantener las piezas en una posición estática, con dimensiones de 100,66 mm de largo, 51,05 mm de ancho y 10,11 mm de altura. Estas medidas y el diseño completo se detallan en la Figura 3-15.

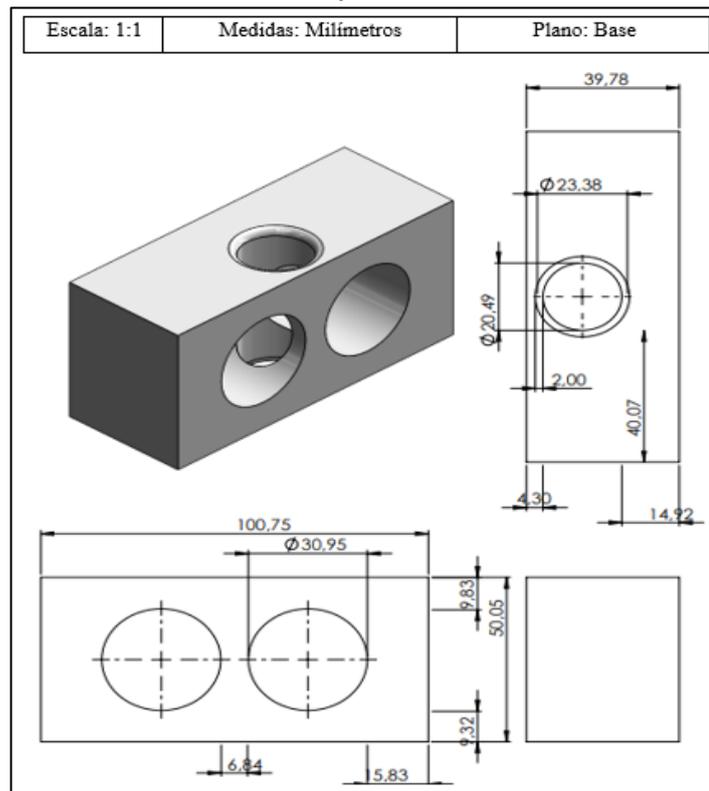


**Figura 3-15:** Diseño y dimensiones del pallet.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M.

### 3.4.2 Diseño de la base

Una vez que se disponga de la superficie adecuada para el transporte, se procede al diseño de la base, la cual desempeña un papel fundamental en este proyecto. La base tiene unas dimensiones de 100,75 mm de largo, 50,05 mm de ancho y 39,78 mm de alto. En la parte superior de la base, se encuentran dos agujeros estratégicamente dimensionados y colocados para permitir el encaje preciso de la tapa. El radio de los agujeros es de 30,95 mm, con una profundidad de 34,78 mm. Además, en la superficie lateral de la base se ha realizado una extrusión de corte circular de 20,49 mm para la introducción del pasador. Todos estos detalles se pueden apreciar con mayor claridad en la Figura 3-16, donde se muestra el diseño y las dimensiones de la base.

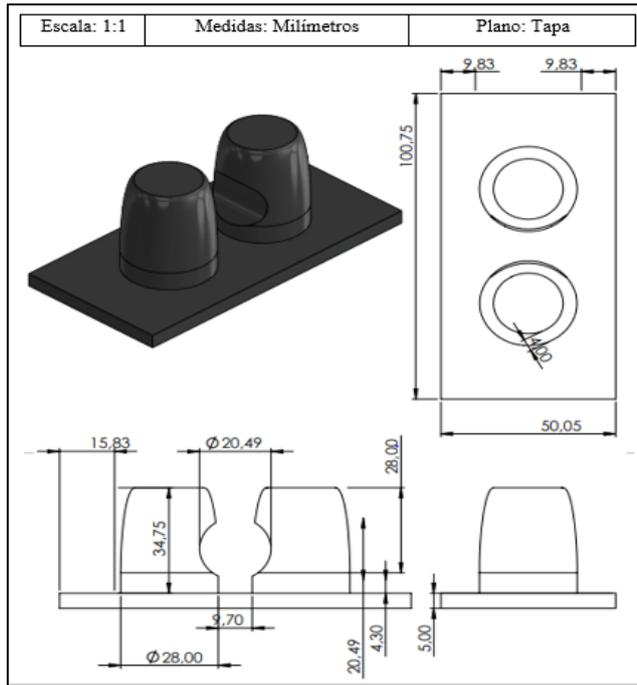


**Figura 3-16:** Diseño y dimensión de la base.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M.

### 3.4.3 Diseño de la tapa

Continuando con el proceso de ensamblaje, en el diseño de la tapa se ajusta a la perfección a las dimensiones de la base.



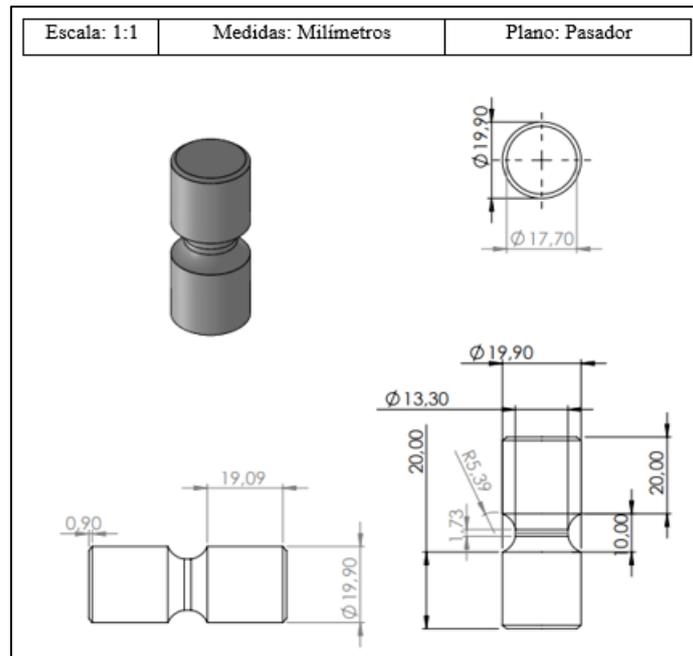
**Figura 3-17:** Dimensión y diseño de la tapa.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M.

La longitud de la tapa es de 100,75 mm, con un ancho de 50,05 mm y una altura de 5 mm. En la parte inferior del diseño, se incorpora dos salientes con una altura de 34,75 mm y un radio de 28,00 mm, proporcionando una curvatura adecuada para un ensamblaje preciso sobre la base. Asimismo, en la superficie lateral se incluye una extrusión de corte con un radio de 20,49 mm, que coincide con el de la base. Para una mejor comprensión de todo el diseño, se puede consultar la Figura 3-17, donde se detallan todas las características de la tapa.

#### **3.4.4 Diseño del pasador**

Una vez que se ha diseñado la base y la tapa, es importante contar con un elemento de sujeción que permita unir estas piezas. Por lo tanto, se procederá al diseño de un pasador que se ajuste a la extrusión de corte en la superficie lateral. El pasador tiene un radio de 19,90 mm, con una forma redondeada adecuada para su fácil inserción en el ensamblaje de la base y la tapa. Además, tiene una longitud de 50 mm y cuenta con una sección central que se adapta perfectamente para su almacenaje en su respectivo módulo. Todos estos detalles se encuentran disponibles en la Figura 3-18, donde se proporciona una visión detallada del diseño y las dimensiones del pasador.



**Figura 3-18:** Dimensión y diseño del pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M.

### 3.5 Diagrama P&ID del proceso

Conocidos como Diagramas de Tuberías e Instrumentación, son representaciones gráficas ampliamente utilizadas en el campo de la ingeniería para ilustrar la conexión y relación entre equipos, tuberías, instrumentos y controles en sistemas industriales. Estos diagramas se basan en una simbología estandarizada de acuerdo con las normas ISA S5.1 y S5.4, lo cual mejora la comunicación y comprensión de los sistemas. En base a esto, se considera la información de la Tabla 3-10 para realizar el diagrama de manera eficiente.

**Tabla 3-10:** Símbolos de líneas de conexión y de dispositivos de instrumentación.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
// // //	Señal neumática
-----	Señal eléctrica
—○—○—○—	Conexión de software o datos
○	Instrumentos discretos montaje en campo
◐	Instrumentos discretos localizado en el panel principal
◊	Función de PLC localizado en el panel principal
⬡	Función de computador localizado en el panel principal

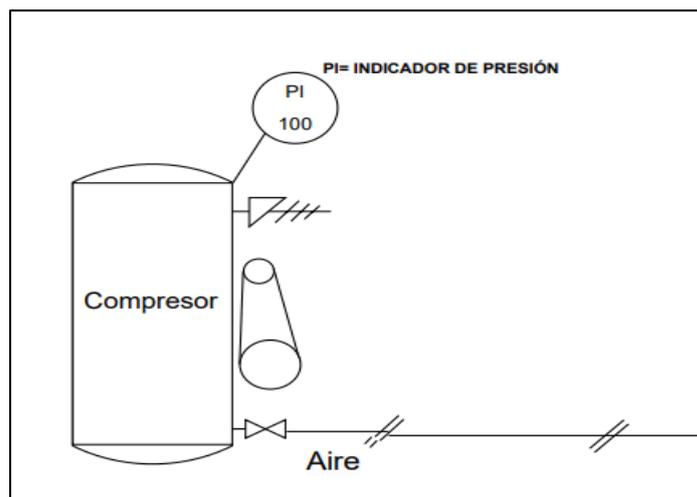
Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Una vez establecida la secuencia del proceso y completada la reconstrucción de los módulos de ensamblaje, es esencial determinar la ubicación precisa de los sensores y actuadores en el sistema.

Para lograrlo, se creará un diagrama P&ID, lo que permitirá identificar y ubicar los equipos de manera precisa en puntos específicos. Esta representación visual mejorará la comprensión de la cantidad de materiales y equipos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Además, el diagrama estará complementado con etiquetas que indicarán las funciones y relaciones de cada componente. El diagrama se encontrará fragmentado en cuatro secciones principales, que comprenden: suministro de aire, estación de ensamblaje de la base, estación de ensamblaje de la tapa y estación de ensamblaje del pasador. Cada una de estas partes será analizada en detalle en los siguientes apartados.

### 3.5.1 *Diagrama P&ID de la alimentación de aire del proceso*

Este segmento detalla la estructura de un compresor industrial el cual se encuentra ubicado en el laboratorio de Automatización, consta de un indicador de presión en el Lazo 100, una unidad de mantenimiento y una válvula manual, el objetivo principal del compresor es distribuir la presión neumática a las diferentes estaciones, en la Figura 3-19 se puede ver el diagrama P&ID de esta sección con detalle.

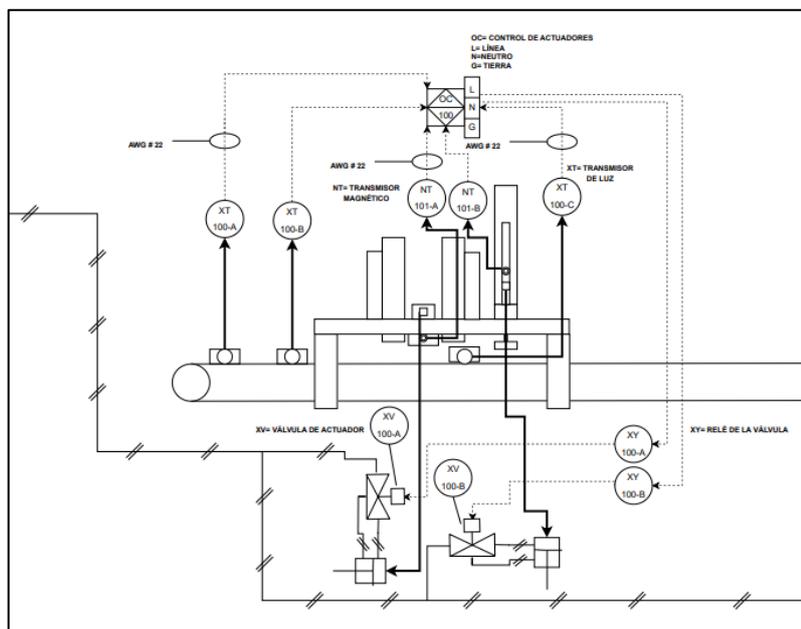


**Figura 3-19:** Alimentación de aire del proceso.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.5.2 *Diagrama P&ID de la estación de ensamblaje base*

Antes de diseñar el diagrama P&ID de la estación de ensamblaje de la base, es importante crear una tabla de variables que identifique y describa las etiquetas utilizadas en los símbolos y el lazo de control asociado. Proporciona una mayor comprensión y referencia de los elementos presentes en la estación de ensamblaje de la base, como se evidencia en la Tabla 3-11 adjunta. El proceso se puede visualizar con mayor claridad en la Figura 3-20, donde también se detallan y ubican las etiquetas mencionadas.



**Figura 3-20:** Diagrama P&ID de la estación de ensamblaje base

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-11:** Descripción de etiquetas para la estación de la base.

CANTIDAD	ETIQUETA	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	LAZO DE CONTROL	
3	XT	A-B-C	Trasmisor de luz	100	
2	NT	A-B	Trasmisor Magnético	101	
2	XY	A-B	Relé de la válvula	100	
2	XV	A-B	Válvula del actuador	100	
1	OC		Control de actuadores	100	
			<b>Siglas de conexión</b>		
			L		Línea
			N		Neutro
			G		Tierra

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

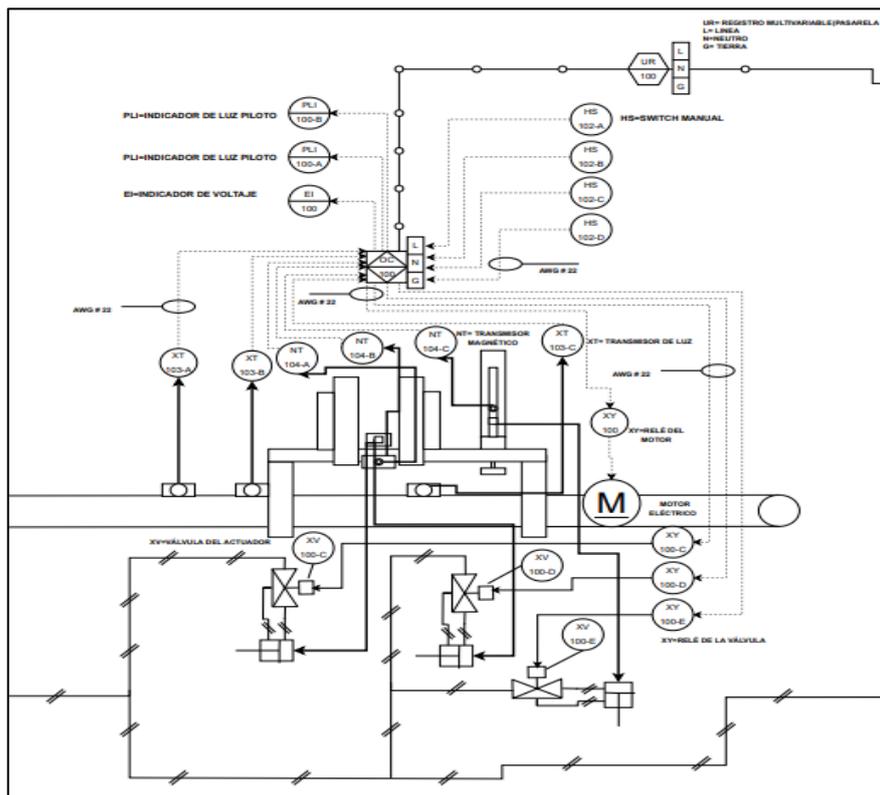
Esta estación forma parte del módulo de ensamblaje base-tapa y consta de 2 lazos de control que se encargan de llevar a cabo el siguiente proceso:

- El primer proceso está asociado al lazo de control 100, el cual utiliza 3 transmisores de luz (XT) que se encarga de detectar la presencia del pallet, lo que permite que la base se coloque encima de él para su transporte a través de la banda.

- Por otro lado, el lazo 101 se enfoca en la detección de la posición de los vástagos de los cilindros neumáticos para liberar la base de su compartimento de almacenamiento y detener el pallet en el momento preciso. Este proceso se logra gracias a la utilización de transmisores magnéticos (NT).
- Estos datos se transmitirán mediante una señal eléctrica a un control de actuadores (OC) perteneciente al lazo 100 que envía señales eléctricas de salida a relés de las válvulas (XY) que permiten el accionamiento de válvulas de actuadores (XV) permitiendo el paso de la señal neumática que viene desde las etapas de alimentación de aire.

### 3.5.3 Diagrama P&ID de la estación de ensamblaje tapa

La siguiente sección forma parte del módulo de ensamblaje base-tapa, la cual se enfoca en la estación de ensamblaje de la tapa. Además, se encuentran presentes las etiquetas utilizadas en el diagrama P&ID, las cuales están detalladas en la Tabla 3-12 para adjuntar su referencia. En la Figura 3-21 se pueden observar los símbolos correspondientes a cada componente y su conexión, junto con las etiquetas mencionadas



**Figura 3-21:** Diagrama P&ID de la estación de ensamblaje tapa.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Para finalizar el módulo, la estación tiene la tarea de colocar la tapa sobre la base. Para lograrlo, se emplean cuatro lazos de control, que son los siguientes:

- En el primer lazo de control, el Lazo 102 se enfoca en un control manual o Switch Manual (HS) que permite el control del proceso.
- En el segundo lazo de control, denominado lazo 103, se utilizan dos transmisores de luz (XT) de manera similar a la estación de la base. Su función es detectar la presencia de la base en el pallet, lo que permitirá que la tapa se coloque encima de ella y su posterior transporte a través de la banda.
- En el lazo de control 104, se emplean trasmisores magnéticos (NT) para detectar la posición de los cilindros neumáticos, lo que facilitará la liberación de la tapa y detener el pallet en el momento preciso para el ensamblaje.
- Los datos se transmiten mediante señales eléctricas al control de actuadores (OC) del lazo 100, que es el mismo utilizado en la estación de la base. Además, el control envía una señal eléctrica de salida a los actuadores, que pasa a través de un relé de válvula (XY) para activar el funcionamiento de la válvula de control (XV). En adición, el lazo 100 controla el encendido del motor eléctrico (M) en diferentes momentos para completar el proceso. El control de actuadore (OC) también envía datos a través de una conexión de software a un registro multivariable, como la pasarela (UR), que a su vez está conectada a la red de alimentación.

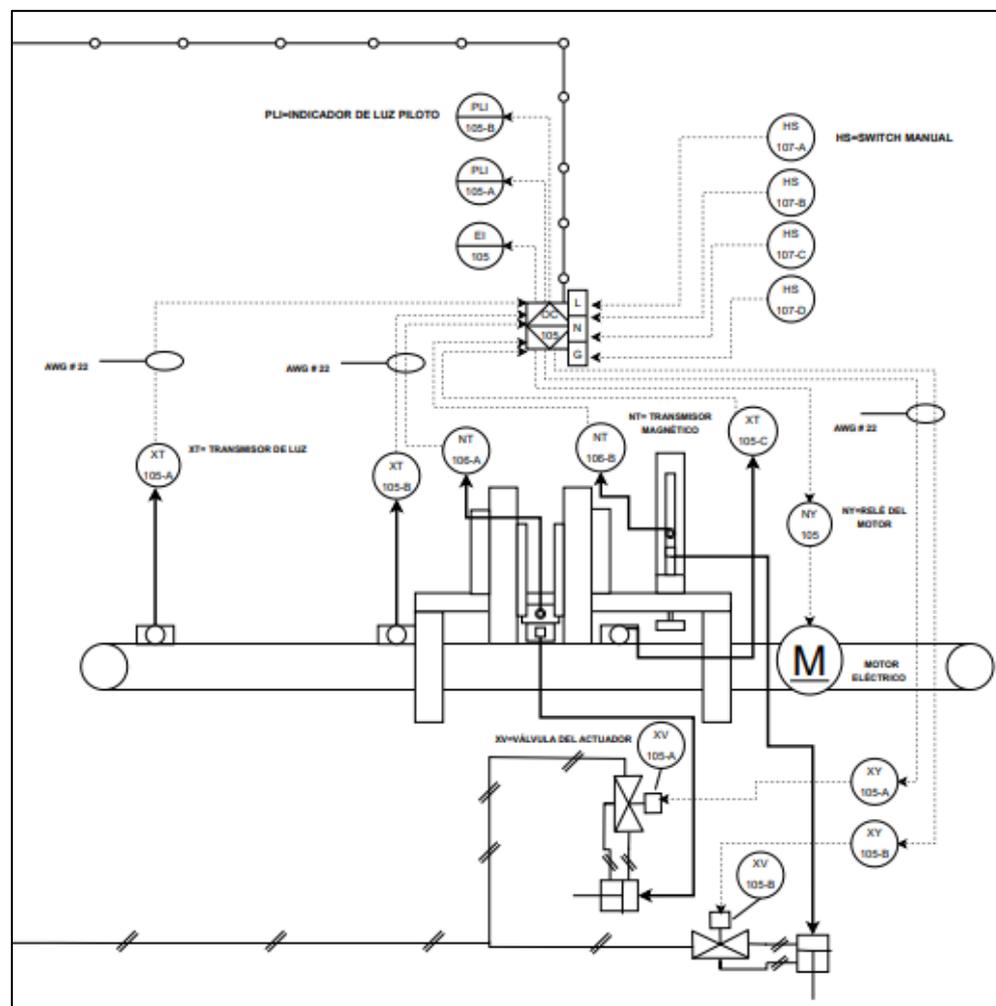
**Tabla 3-12:** Descripción de etiquetas para la estación de la tapa.

CANTIDAD	ETIQUETA	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	LAZO DE CONTROL	
4	HS	A-B-C-D	Switch Manual	102	
3	XT	A-B-C	Trasmisor de Luz	103	
3	NT	A-B-C	Trasmisor Magnético	104	
1	XY		Relé del motor	100	
3	XY	C-D-E	Relé de la válvula	100	
3	XV	C-D-E	Válvula del actuador	100	
1	M		Motor eléctrico	100	
2	PLI	A-B	Indicador de luz piloto	100	
1	EI		Indicador de voltaje	100	
1	UR		Registro Multivariable (Pasarela)	100	
			<b>Siglas de conexión</b>		
			L		Línea
			N		Neutro
			G	Tierra	
1	OC		Control de actuadores	100	
			<b>Siglas de conexión</b>		
			L		Línea
			N		Neutro
			G	Tierra	

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.5.4 Diagrama P&ID de la estación de ensamblaje pasador

Para concluir el proceso de ensamblaje, se requiere insertar un pasador de sujeción en la unión. Para lograr esto, se debe implementar un módulo específico que se encargue de esta tarea. Por lo tanto, es necesario crear un diagrama P&ID de la estación de ensamblaje del pasador, donde se detallarán las etiquetas correspondientes a los símbolos e instrumentos involucrados en el proceso. Esta información se encuentra disponible en la Tabla 3-13, brindando una identificación clara de cada elemento necesario para el funcionamiento adecuado del proceso. Este proceso se detalla y visualiza de manera más clara en la Figura 3-22 adjunta, donde se presentan todos los elementos y conexiones involucradas en el sistema.



**Figura 3-22:** Diagrama P&ID de la estación de ensamblaje del pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-13:** Descripción de etiquetas para la estación del pasador.

CANTIDAD	ETIQUETA	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	LAZO DE CONTROL	
4	HS	A-B-C-D	Switch Manual	107	
3	XT	A-B-C	Trasmisor de Luz	105	
2	NT	A-B	Trasmisor Magnético	106	
1	XY		Relé del motor	105	
2	XY	C-D-E	Relé de la válvula	105	
2	XV	C-D-E	Válvula del actuador	105	
1	M		Motor eléctrico	105	
2	PLI	A-B	Indicador de luz piloto	105	
1	EI		Indicador de voltaje	105	
1	OC		Control de actuadores	105	
			<b>Siglas de conexión</b>		
			L		Línea
			N		Neutro
			G		Tierra

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Una vez establecidos los lazos de control para la base y la tapa, se debe tomar en cuenta el módulo de ensamblaje del pasador. En esta etapa, se implementarán 3 lazos de control adicionales que son fundamentales para continuar con el proceso de ensamblaje. A continuación, se detallan los lazos de control correspondientes a estas etapas.

- El primer lazo de control, identificado como Lazo 107, tiene la función de controlar de forma manual el proceso. Esto se logra mediante el uso de los interruptores manuales (HS).
- Por otro lado, el Segundo Lazo de control, denominado Lazo 105, tiene un funcionamiento similar a los Lazos 100 y 103 del módulo de ensamblaje base-tapa.
- De manera similar, el Lazo 107 tiene un funcionamiento equivalente al Lazo 101 y 106 del módulo anterior.
- Las señales de los lazos se transmiten mediante señales eléctricas a un controlador de actuadores (OC), encargado de procesar los datos y enviar señales eléctricas a los relés de las válvulas (XY) para accionar las válvulas de los actuadores (XV). Además, también envíe una señal al relé del motor (NY) para activar el motor en momentos específicos y mover la banda. El controlador de actuadores (OC) también envía señales de datos a un registro multivariable (UR) asociado al Lazo 100, interactuando con el control de actuadores de los Lazo 100 y 105 a través de Internet Industrial de las Cosas (IIoT).

Estos diagramas se pueden visualizar de forma completa en el Anexo A adjunto, lo que facilitará una mejor comprensión del sistema en su totalidad.

### 3.6 Diseño del sistema neumático

En el proceso de ensamblaje, resulta esencial contar con actuadores neumáticos en los módulos, ya que desempeñan un papel importante en el sistema. Con el objetivo de lograr un funcionamiento óptimo, primero se opta por diseñar el sistema en una plataforma especializada llamada FluidSim 3.6 Neumática. Esta herramienta proporciona los recursos necesarios para describir de forma precisa y comprensible el diseño de los actuadores neumáticos. Y es por esto, que es posible obtener una representación visual e intuitiva del sistema, facilitando así su comprensión y análisis.

#### 3.6.1 Actuadores neumáticos

Para obtener movimientos precisos en el funcionamiento del proyecto se utilizó cilindros de doble efecto entre ellos hay dos de la misma marca lo cuales se utilizaron debido a que se encuentran en un estado aceptable, estos cilindros cuentan con 2 diferente tamaño.

- Mini cilindros Serie 32

En la Figura 3-23 se puede observar el cilindro Serie 32 Tandem y Multiposición el cual es ciertamente compacto, lo que lo hace altamente adecuado para instalarse en áreas de espacio limitado. Esta característica brinda una versatilidad considerable, permitiendo su aplicación en diversos escenarios con distintos elementos de montaje. En resumen, su diseño compacto lo hace ideal para una amplia gama de usos en entornos con restricciones de espacio como es el caso de las estaciones de la base y la tapa. En la Tabla 3-14 se puede visualizar las principales características de este cilindro.



**Figura 3-23:** Mini cilindro serie 32 Tandem.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-14:** Características principales del cilindro serie 32 Tandem.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Tipo de construcción	Perfil compacto
Funcionamiento	Doble efecto
Diseño	ISO21287
Carrera min-max	Serie 23F 5-300 mm
Presión de trabajo	1-10 bar
Velocidad	10-1000 mm/seg (sin carga)

Fuente: (Camozzi Automation, 2019).

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

- Mini cilindros camozzi series 23

Este tipo de cilindro posee una amortiguación neumática automática, la cual hace que funcione de la manera más óptima dentro de procesos de manufactura por ende es idóneo para posicionar el pallet. En la Tabla 3-15 se tiene las especificaciones del cilindro y en la Figura 3-24 se observa su aspecto físico.



**Figura 3-24:** Mini cilindros camozzi series 23.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-15:** Características principales del cilindro camozzi serie 23.

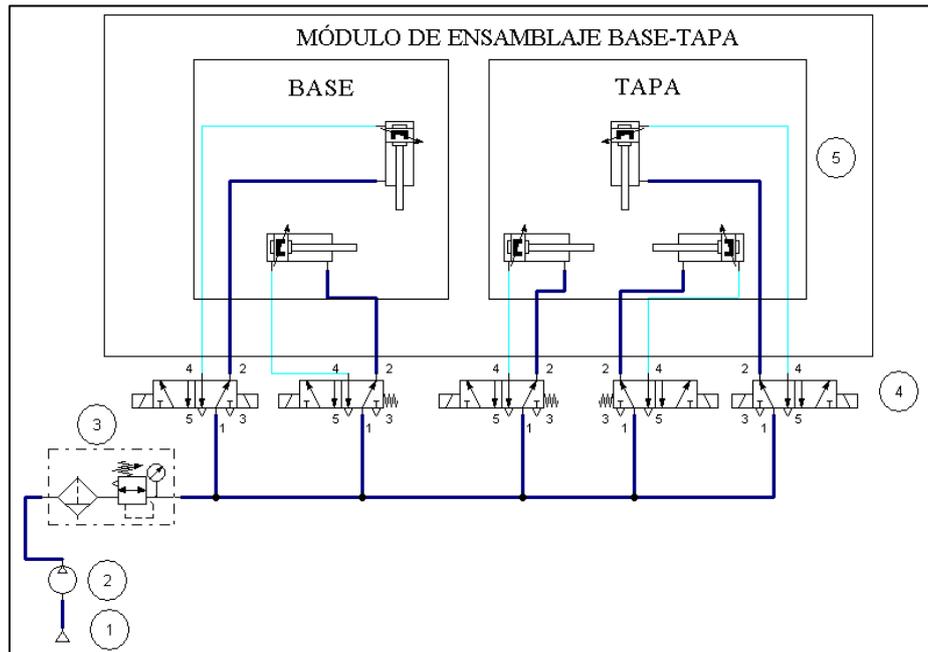
DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Tipo de construcción	Rebordeado
Funcionamiento	Doble efecto
Diseño	ISO 6432
Carrera min-máx.	Serie 23 10-600 mm
Presión de trabajo	1-10 bar

Fuente: (Camozzi Automation, 2023)

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.6.2 Esquema neumático del módulo de ensamblaje base-tapa

En la Figura 3-25 se puede visualizar el esquema neumático del módulo de ensamblaje base-tapa, y para obtener una mayor comprensión sobre los símbolos que se encuentran en esta, la Tabla 3-16 describe los componentes principales que se involucran en el diseño del sistema, es decir, que este módulo cuenta con dos estaciones de ensamblaje.



**Figura 3-25:** Esquema neumático del módulo de ensamblaje base-tapa.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-16:** Parámetros del esquema neumático del módulo de ensamblaje base-tapa.

NUMERACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Fuente de alimentación
2	Compresor
3	Unidad de mantenimiento
4	Electroválvulas 5/2
5	Cilindros neumáticos doble efecto

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

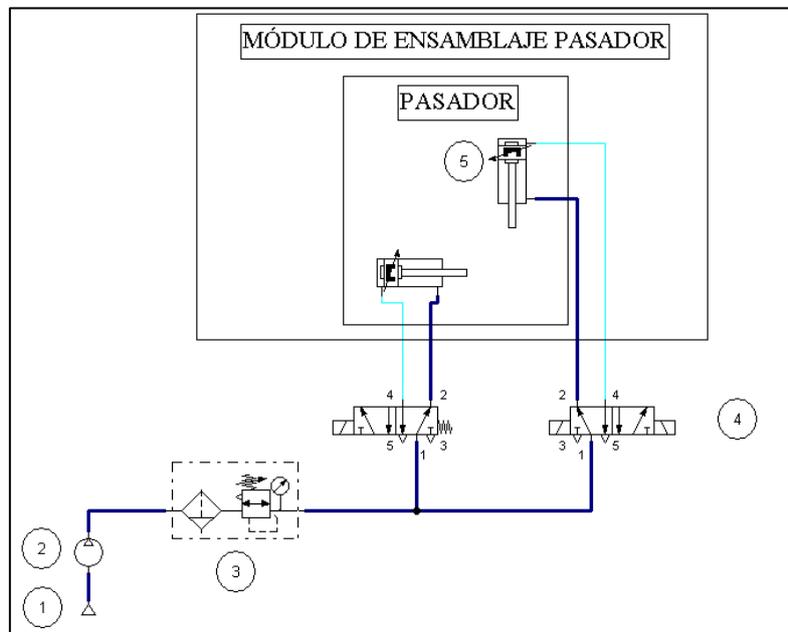
La primera estación cuenta con dos actuadores neumáticos y la segunda posee tres.

Estación “base”. - El funcionamiento de los actuadores neumáticos depende de la programación, es decir que, en la estación de la base, se desea realizar un montaje de la “base” sobre el “pallet”. Para que esto sea posible se utilizó dos cilindros neumáticos, uno de 20 cm y otro de 5 cm. El primer cilindro, tiene como función principal retener el pallet y el segundo cilindro retendrá la base hasta que se cumplan los parámetros de la programación.

Estación “tapa”. - Se utilizó 3 actuadores neumáticos, uno de 20 cm y dos de 5 cm. El objetivo de la estación es montar la tapa sobre la base. Para ello el primer cilindro tiene como función retener el pallet y la base mientras que los otros dos cilindros actuando conjuntamente retienen las tapas hasta que se cumplan los parámetros de la programación.

### 3.6.3 Esquema neumático del módulo de ensamblaje pasador

En la Figura 3-26 se puede visualizar el esquema neumático del módulo de ensamblaje pasador, para obtener una mayor comprensión sobre los símbolos que se encuentran; en la Tabla 3-17 se describe los componentes principales que se involucran en el proyecto.



**Figura 3-26:** Esquema neumático del módulo de ensamblaje pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-17:** Parámetros del esquema neumático del módulo de ensamblaje pasador.

NUMERACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Fuente de alimentación.
2	Compresor.
3	Unidad de mantenimiento.
4	Electroválvulas 5/2.
5	Cilindros neumáticos doble efecto.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Estación “pasador”. - Cuenta con dos actuadores neumáticos de doble efecto de aproximadamente 20 cm cada uno. El objetivo es ingresar un pasador entre las piezas que se ensamblaron en el módulo anterior, es decir, la base y la tapa. Para que esto sea posible el primer cilindro tiene como función retener el pallet que transporta la base con la tapa y el segundo cilindro tiene como función empujar el pasador hasta que este ingrese entre las dos piezas.

### 3.7 Diseño de los tableros eléctricos

Este apartado está dedicado al dimensionamiento de la parte eléctrica a partir de diagramas y esquemas eléctricos que se han diseñado en el software AutoCAD 2021, con el fin de describir los componentes y dispositivos que forman parte del desarrollo del sistema, es necesario contar con equipos de protección eléctrica que garantice la seguridad de los dispositivos que irán montados sobre los tableros ante un posible corto circuito o sobre corriente que incida sobre el sistema. Es por esto que en cada módulo de ensamblaje se implementaron dos disyuntores de tipo termo magnético. Con la finalidad de proteger el circuito de mando y de fuerza.

#### 3.7.1 Consumo de corriente del módulo de ensamblaje base-tapa.

El módulo posee el circuito de mando y de fuerza, es por ello que exige de dos cargas. En la carga del circuito de mando se tiene el PLC, sensores ópticos y magnéticos, indicadores, botones, electroválvulas e interfaz; mientras que en el circuito de fuerza se tiene una interfaz y un motor.

**Tabla 3-18:** Cargas del tablero de mando y de fuerza.

CANTIDAD	DISPOSITIVO	CONSUMO/UNIDAD (mA)	CONSUMO TOTAL (mA)
Tablero de mando			
1	PLC Delta	2000	2000
5	Sensores ópticos	300	1500
5	Sensores magnéticos	100	500
4	Pulsadores	10	40
2	Indicadores	10	20
2	Interfaces	1000	2000
5	Electroválvulas 5/2	100	500
Tablero de fuerza			
1	Motor	3,3	3,3
<b>TOTAL</b>			<b>9,86 A</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 3-18 se detalla el consumo total de todos los dispositivos que se involucran en el tablero de mando, y se opta por elegir un disyuntor termo magnético de 8 A, mientras que para el tablero de fuerza se opta por elegir un disyuntor de 6 A, debe tener una tolerancia de 1,25% del amperaje requerido según la norma IEC.

#### 3.7.2 Consumo de corriente del módulo de ensamblaje pasador.

Este módulo es muy similar al anterior ya que posee también el circuito de mando y de fuerza, es por ello que exige de dos cargas. En la carga del circuito de mando se tiene el PLC, sensores

ópticos y magnéticos, indicadores, botones, electroválvulas e interfaces; mientras que en el circuito de fuerza se tiene interfaces y motor.

**Tabla 3-19:** Cargas del tablero de mando y de fuerza.

CANTIDAD	DISPOSITIVO	CONSUMO/UNIDAD (mA)	CONSUMO TOTAL (mA)
Tablero de mando			
1	PLC Schneider	200	200
1	Pasarela	300	300
3	Sensores ópticos	300	900
2	Sensores magnéticos	100	200
4	Pulsadores	10	40
2	Indicadores	10	20
2	Interfaces	1000	2000
2	Electroválvulas 5/2	100	200
Tablero de fuerza			
1	Motor	4,16	4,16
<b>TOTAL</b>			<b>8,02 A</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 3-19 se detalla el consumo total de todos los dispositivos que se involucran en el tablero de mando, y se opta por elegir un disyuntor termo magnético de 6 A. mientras que para el tablero de fuerza se opta por elegir un disyuntor de 6 A, debe tener una tolerancia de 1,25% del amperaje requerido según la norma IEC.

### 3.7.3 Dimensionamiento del cableado eléctrico

En base a la norma IEC se realiza el dimensionamiento del cableado de los tableros, al tratarse de un cableado interno a una baja tensión, se ha optado por hacer uso de los conductores de cobre de tipo THHN (Nylon Termoplástico de Alta temperatura) de calibre 12 AWG en las líneas de fase y neutro; mientras que el cableado de la fuente de alimentación hacia los demás dispositivos será un conductor de cobre flexible tipo TFF (Alambres para apliques cubiertos con termoplásticos con trenzado flexible) de calibre 22 AWG, estos cables se utilizan en sistemas de transmisión de DC rectificada.

### 3.7.4 Componentes eléctricos del sistema de ensamblaje

En este apartado se hará una descripción de los componentes principales que se involucran en la implementación de los tableros de control de ambos módulos.

### 3.7.4.1 Pasarela WECON V-BOX series HG

Este dispositivo IIoT se utiliza para administración y control remoto de los PLC logrando la obtención y análisis de datos en tiempo real, su diseño físico se puede observar en la Figura 3-27, el cual presenta un diseño compacto que facilita su manejo. Según se mencionó en el segmento 2.10.2 del capítulo 2, este dispositivo ofrece conexión remota y acceso gratuito a la nube, lo que permite la comunicación con los dispositivos de control denominados PLC utilizando el protocolo Modbus, TCP/IP. Debido a la presencia de 2 módulos de ensamblaje, se requieren 2 puertos Ethernet, además de un puerto Ethernet para la conexión a internet, lo cual posibilita la visualización del proceso desde cualquier ubicación utilizando un teléfono móvil o una computadora. Las características más relevantes para este proyecto se encuentran resumidas en la Tabla 3-20. Para acceder a información detallada sobre la pasarela WECON V-BOX H-AG se recomienda consultar el Anexo B, el cual proporciona un análisis exhaustivo del dispositivo, incluyendo especificaciones técnicas, funciones y detalles adicionales que podrían resultar de interés para el proyecto en cuestión.



**Figura 3-27:** Pasarela WECON V-BOX H-AG.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-20:** Características la Pasarela WECON V-BOX H-AG.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS
Sistema operativo	Linux
Puertos Ethernet	3
Puerto de serial	COM1: RS232, RS422/RS485 (2 en 1)
Potencia de consumo	10 W
USB	HOST/ DEVICE: USB OTG Switch
Fuente de alimentación	24V DV

**Fuente:** WECON TECHNOLOGY, 2022.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.7.4.2 PLC Delta DVP32ES2-E RE

En la Figura 3-28 se muestra el PLC de la marca Delta que se implementó en el módulo de ensamblaje base-tapa, este controlador dispone de 16 entradas y 16 salidas digitales, esto resulta ser una de las razones principales para la selección de este equipo ya que el módulo presenta 16 entradas y 7 salidas para que pueda ser puesto en marcha, es decir, el primer módulo está conformado de varios sensores como electroválvulas que coinciden con el número de entradas del controlador. Otro punto destacado del controlador es el puerto Ethernet ya que es el medio por el cual se puede hacer la comunicación que involucra el control IIoT. En la Tabla 3-21 se puede visualizar las características principales del dispositivo. Para una mayor comprensión de las características del dispositivo se las puede encontrar en el Anexo C.



**Figura 3-28:** PLC Delta DVP32ES2-E RE.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-21:** Características principales del PLC Delta DVP32ES2-E RE.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS
Fuente de alimentación	110 VAC
Entradas/Salidas	16 / 16
Comunicación	Ethernet y puertos (RS-232/485)
Frecuencia	60 Hz

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.7.4.3 PLC Schneider TM221CE16T

En la Figura 3.29 se puede observar el PLC Schneider que se implementó en el módulo de ensamblaje pasador, el cual posee 9 entradas y 7 salidas digitales lo cual influye en la selección de este equipo para el desarrollo del segundo módulo de ensamblaje debido a que para que este sea puesto en marcha está dotado de botones, sensores y electroválvulas, es decir, que el segundo módulo necesita de 9 entradas y 5 salidas digitales del controlador. Este dispositivo también posee un puerto Ethernet el cual forma parte importante para realizar la comunicación IIoT lo cual hace que sea idóneo para el proyecto. En la Tabla 3-22 se muestra varias características del controlador.

Para una mayor comprensión de las características del dispositivo se las puede encontrar en el Anexo D.



**Figura 3-29:** PLC Schneider TM221CE16T.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-22:** Características principales del PLC Schneider TM221CE16T.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
tensión de alimentación nominal	24 V CC
Número de entrada digital	9 entradas
Número de salida digital	7 transistor 2 salida rápida
Corriente de salida digital	0.5 A

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.4 Sensor óptico retro reflectivo PE18- R2P3

Se ha seleccionado un sensor óptico infrarrojo retro reflectivo de tipo NPN. En su estado inactivo, la señal de salida es negativa (0V) y se vuelve positiva (+V) al detectar un objeto. Este sensor opera a alta frecuencia, ofrece una sólida protección contra polvo y agua, y funciona con voltaje DC. La Figura 3-30 muestra el sensor retro reflectivo que se implementó alrededor de los módulos mientras que en la Tabla 3-23 se detallan las características principales. Esto lo hace adecuado tanto para aplicaciones en interiores como en exteriores.



**Figura 3-30:** Sensor óptico retro reflectivo PE18- R2P3.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-23:** Características principales del sensor retro reflectivo PE18- R2P3.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICA
Tipo	NPN
Corriente	200Ma
Características	Infrarde photo sensor
Frecuencia	500Hz (DC); 25Hz (AC)
Voltaje de operación	10-30VDC; 110-220VAC (50/60Hz)
Clase de protección	IP65
Temperatura de operación	-5°C-+70°C

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.5 Sensor magnético Airtac CMS 020

En los módulos incorporan actuadores neumáticos, principalmente cilindros de doble efecto. Para garantizar la detección de la posición, se ha incluido de sensores magnéticos. Este sensor debe tener una capacidad de conmutación adecuada, un amplio rango de voltaje, robustez y alta frecuencia de conmutación, lo hacen adecuado para entornos industriales y aplicaciones que requieren una detección precisa y una respuesta rápida. En la Figura 3-31 se muestra el sensor magnético que cumplen con los requerimientos especificados mientras que en la Tabla 3-24 proporciona detalles sobre sus características principales.



**Figura 3-31:** Sensor magnético Airtac CMS 020.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-24:** Características principales del sensor magnético Airtac CMS 020.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICA
Voltaje de alimentación	5v – 240v AC/DC
Corriente de conmutación	100 mA
Capacidad de contacto	10W Max
Caída de tensión interna	2.5v Max 100 mADC
Frecuencia	200 Hz
Resistencia de impacto	50G
Temperatura de operación	-10 °C – 70 °C

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.7.4.6 Electroválvulas 5/2 Airtac 4V110-06.

Se encontraron en estado aceptable tras recibir el mantenimiento necesario, estas electroválvulas están conectadas a un actuador neumático. En la Figura 3-32 se muestra la electroválvula que se implementó y en la Tabla 3-25 se muestran las características principales del equipo.



**Figura 3-32:** Electroválvula 5/2 5/2 Airtac 4V110-06.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-25:** Características principales de la electroválvula 5/2 Airtac 4V110-06.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICA
Flujo	Aire
Tamaño de orificio	12mm <sup>2</sup>
Tamaño de puerto	1/8"
Rango de presión	1.5 – 8 bar
Temperatura	-5 -60 °C
Rango de voltaje	±10 %
Protección	IP65
Frecuencia	5 ciclo/ seg
Peso	120 g

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.7 Pulsadores para el control manual

En cada módulo se colocó una botonera con diferentes pulsadores que cumplen con parámetros establecidos por la norma IEC, entre ellos se tiene los pulsadores de inicio, paro, reinicio y paro de emergencia. Con la finalidad de poder hacer un arranque manual a cada módulo con los botones más comunes que se pueden encontrar en la industria. En la Figura 3-33, se puede visualizar la botonera que se implementó en cada módulo, los pulsadores en la botonera se describen a continuación:

- El Pulsador verde normalmente abierto (NO), denominado "inicio", cumple la función de iniciar la secuencia del proceso.
- El pulsador rojo normalmente abierto (NO), denominado "paro", permite detener la secuencia del proceso en cualquier momento.
- El pulsador rojo normalmente abierto (NO) con un dibujo circular, denominado "reiniciar", permite reiniciar el proceso una vez que ha sido detenido.
- El pulsador en forma de hongo normalmente cerrado (NC), denominado "paro de emergencia", es aquel que permite detener el proceso en caso de una falla o situación de emergencia, garantizando así la seguridad del operador.



**Figura 3-33:** Pulsadores de control manual.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.8 Indicadores

Para llevar una visualización del funcionamiento de los módulos se añadió tres indicadores que se rige en base a la norma IEC, entre ellos se tiene uno verde, rojo y de voltaje como se indica en la Figura 3-34 se muestra la caja de indicadores que se implementó. Los cuales se detallan a continuación:

- El indicador verde tiene como función principal indicar cuando el módulo se encuentra en estado operativo, es decir, los actuadores estén encendidos.

- El indicador rojo tiene como función principal encenderse cuando el módulo se encuentre en reposo.
- El indicador de voltaje consiste en mostrar el voltaje al que se encuentran alimentados cada módulo.



**Figura 3-34:** Indicadores.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.9 Fuente conmutada de 24 V RS-150-24.

Cada módulo está equipado con dos fuentes que están regidas en base a la norma IEC, son necesarias para alimentar dos tipos de circuitos: uno de mando (conectado al PLC y sensores) y otro de fuerza (conectado al motor). Esto asegura la operación de sensores y actuadores a dicho voltaje nominal. La Figura 3-35 ilustra el tipo de fuente mencionada en el proyecto.



**Figura 3-35:** Fuente de 24 voltios (RS-150-24).

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 3-26 se detallan las características principales de la fuente, según la referencia proporcionada por el fabricante. Basándose en el segmento 3.7, se tomó en cuenta las cargas del tablero para seleccionar esta fuente específica.

**Tabla 3-26:** Características esenciales de la Fuente Conmutada de 24 voltios RS-150-24.

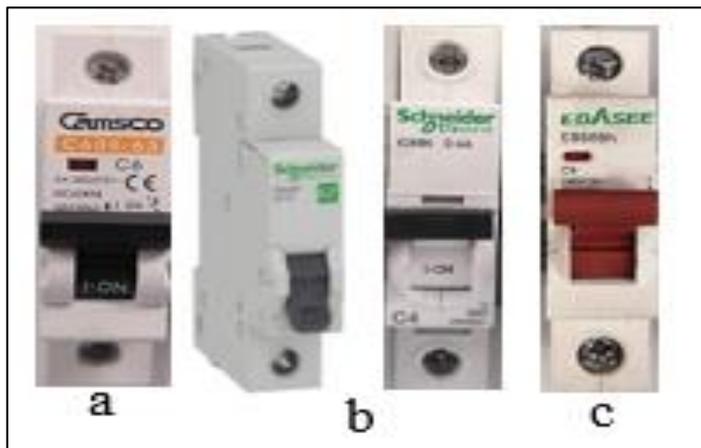
DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Diseño	Industrial
Fuerza	150W
Voltaje de entrada	88-264 V
Tensión de salida	24 V DC
Corriente de salida	6.5 A

**Fuente:** Electron.com, 2023.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.10 Breakers

Para garantizar una adecuada protección contra sobre corriente en el cableado, se utiliza breaker que tienen la función de interrumpir el suministro eléctrico de los circuitos. Por lo tanto, se decide utilizar las marcas reconocidas y confiables como "Camsco", "Schneider Electric" y "EBASEE". Como se puede ver en la Figura 3-36.



**Figura 3-36:** Breaker a) Camsco C60K-63, b) Schneider iC60N y c) EBASEE EBS6BN.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

En el módulo de ensamblaje de base-tapa y el módulo de ensamblaje pasador, se ha optado por incorporar cuatro disyuntores termomagnético de 4, 6 y de 8 Amperios. Los cuales cumplen con la norma IEC 60898-1. Estos se detallan en la Tabla 3-27.

**Tabla 3-27:** Especificaciones y Características de los Breaker utilizados en los módulos.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS		
	Camsco C60K-63	Schneider iC60N	Breaker EBASEE EBS6BN
Corriente nominal	6 A	4 A, 8A	6 A
Tensión nominal	115 V,240V	110V,230 V, 400V AC	120 V,240V
Tipo de interruptor	Termomagnético	Termomagnético	Termomagnético
Número de polos	1	1	1 polo
Temperatura de funcionamiento	-25°C a +70°C	-25°C a +70°C	-10°C a +40°C
Tipo de Montaje	Montaje Riel DIN	Montaje Riel DIN	Montaje Riel DIN
Terminal de conexión	Borne con tornillo prisionero	Borne con tornillo prisionero	Borne con tornillo prisionero
Sistema de conexión	Mediante bridas	Mediante bridas	Mediante bridas
Frecuencia nominal	60 Hz	60 Hz	60 Hz

**Fuente:** Camsco, 2023, SIEMENS, 2023, EBASEE, 2023.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.11 Interfaz DB25-MG6.

El apartado 3.3.1 y 3.3.2 del presente informe, describe el diseño de la mesa que servirá para el montaje de los módulos junto con sus sensores y actuadores. Además, el apartado 3.3.3 detalla el diseño de los pedestales, que incluyen el circuito de mando en donde destaca el PLC Para permitir la interacción entre el controlador PLC, los sensores y actuadores, se utiliza una interfaz DB25-MG6 con 25 puertos, lo cual se adecua a la cantidad de entradas y salidas requeridas por los distintos módulos donde se asegura la transmisión de datos y señales entre los dispositivos, lo que facilita el intercambio de información y el control coordinado de los componentes dentro del sistema automatizado.



**Figura 3-37:** Interfaz DB25-MG6.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Como se puede observar en la Figura 3-37, la interfaz presenta conectores macho/hembra, y puertos de tornillo, con un tipo de montaje en Riel DIN. Para la elección de esta interfaz se consideran las especificaciones esenciales, las cuales se encuentran detalladas en la Tabla 3-28.

**Tabla 3-28:** Características de la interfaz de comunicación DB25-MG6.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS
Voltaje de alimentación	24 V DC
Consumo de corriente	1 A
Numero de Puerto a tierra (GND)	1
Numero de puertos	25
Modelo	DB25-MG6
Tipo de montaje	Montaje Riel DIN
Dimensiones	91*86*52 mm
Color	Verde

**Fuente:** Ficha técnica de la interfaz de comunicación DB25-MG6,2008.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.12 Relé MY2

Cada módulo utiliza un relé con la finalidad de activar y desactivar los motores que accionan las bandas transportadoras. Estos dispositivos están colocados en un tablero de fuerza diseñado para cada módulo con la finalidad de obtener un funcionamiento flexible entre estos. En la Tabla 3-29 se exhiben las características fundamentales que se ajustan perfectamente a las especificaciones requeridas, mientras tanto, en la Figura 3-38 se puede observar el tipo de dispositivo que ha sido implementado con claridad.



**Figura 3-38:** Relé MY2.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-29:** Especificaciones y características de relé MY2.

ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS
Voltaje de alimentación	24 V DC
Capacidad de contacto	5 A
Formulario de contacto	2A2B
Resistencia de aislamiento	$\geq 1000M$ ohmios
Modelo	MY2

**Fuente:** Ficha técnica de la interface de comunicación DB25-MG6,2008.

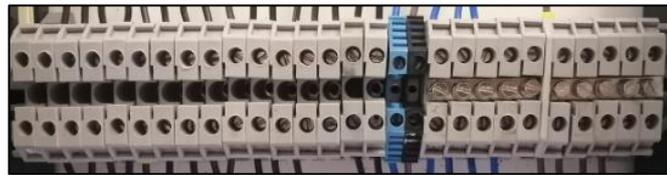
**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.7.4.13 Borneras

Al tratarse de un proyecto didáctico las borneras tienen un valor relevante para llevar un orden y así poder facilitar la identificación de las conexiones de alimentación y las que tienen los controladores hacia los sensores y actuadores.

- *Borneras de contacto*

En la Figura 3-39 se puede observar las borneras de contacto las cuales están conectadas desde el PLC hacia una interfaz hembra – macho.



**Figura 3-39:** Borneras de contacto entradas/salidas.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

- *Borneras de línea*

En la Figura 3-40 se muestran las borneras de línea las cuales hacen posible la alimentación de los dispositivos que se utiliza en cada módulo. La bornera que posee el cable amarillo es aquella que tiene tensión y alimenta al PLC; mientras que la de cable blanco se conoce como neutro y la bornera verde se trata de la conexión a tierra.

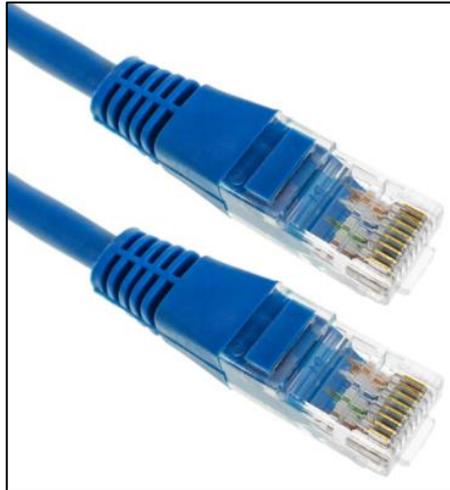


**Figura 3-40:** Borneras de línea.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.14 Cable UTP

En la Figura 3-41 se visualiza el cable, el cual forma parte de la conexión IIoT, es decir, que es utilizado para la conexión entre los controladores hacia la pasarela y a su vez para comunicarse a la red de internet.



**Figura 3-41:** Cable UTP.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.15 Cable DB25

En la Figura 3-42 se observa el cable DB25 el cual hace posible que los módulos sean flexibles, es decir que este cable además de permitir una comunicación eficiente entre los sensores y actuadores hacia el controlador hace que la movilización de estos módulos sea más fácil al momento de trasladar.



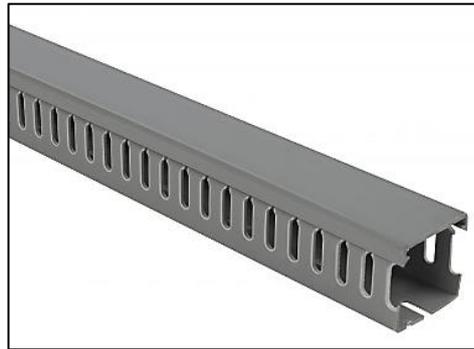
**Figura 3-42:** Cable DB25 hembra-macho.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 3.7.4.16 Canaleta ranurada y riel DIN

Durante el desarrollo de los tableros para este proyecto se ha utilizado gran variedad de cable por lo que para llevar un orden y así poder identificar las conexiones que se ha hecho, se ha optado

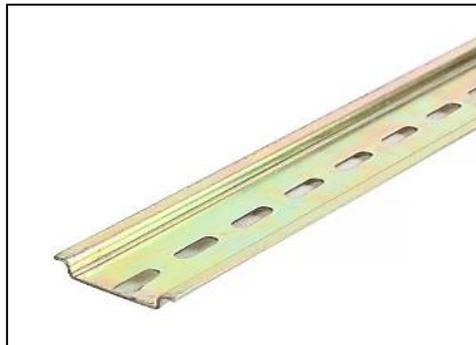
por implementar la canaleta ranurada 40x40 mm que se tiene en la Figura 3-43 la cual permite realizar un peinado a los cables.



**Figura 3-43:** Canaleta ranurada.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Para la ubicación de los dispositivos como: PLC, pasarela, borneras entre otros se implementó el riel DIN el cual se muestra en la Figura 3-44.



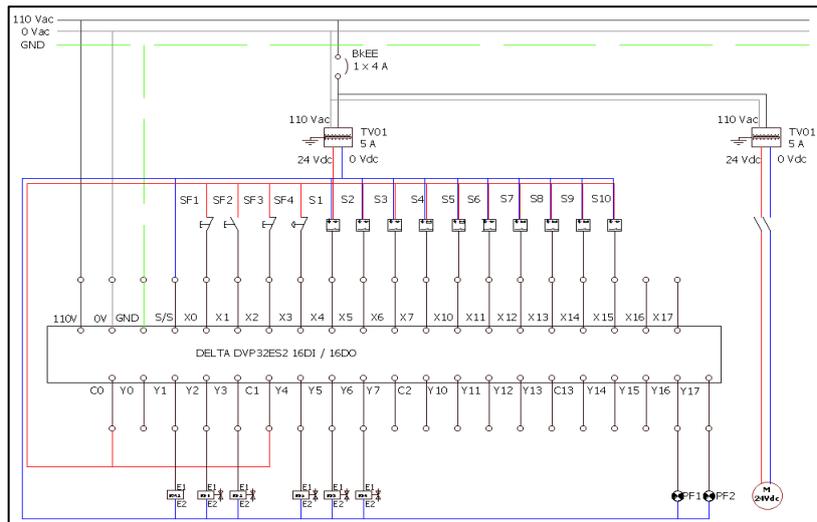
**Figura 3-44:** Riel DIN.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### **3.7.5 Esquema eléctrico del módulo de ensamblaje base-tapa**

En la Figura 3-45 se puede apreciar una representación gráfica y simbólica basándose en la norma IEC 60617, garantizando la uniformidad y la comprensión internacional del esquema eléctrico del primer módulo, tomando en cuenta los símbolos de PLC Delta, sensores, interruptores, pulsadores entre otros, lo que garantiza una visión clara y concisa de cómo está organizado y facilita el diseño, el cual creado en el software denominado AutoCAD versión 2020.

En la Tabla 3-30 se puede ver la descripción de cada componente que se visualiza en el esquema para dar una mayor comprensión.



**Figura 3-45:** Esquema eléctrico del módulo de ensamblaje base-tapa.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

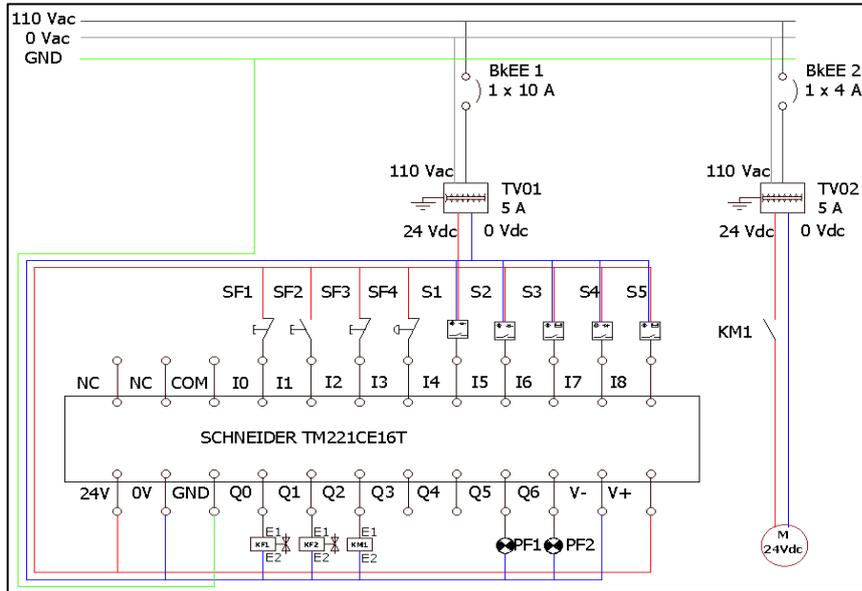
**Tabla 3-30:** Contactos PLC Delta.

ENTRADA / SALIDA	CONTACTO	DESCRIPCIÓN DEL CONTACTO
X0	SF1	Pulsador de paro.
X1	SF2	Pulsador de inicio.
X2	SF3	Pulsador de reinicio.
X3	SF4	Pulsador de paro de emergencia.
X4	S1	Sensor Retro- reflectivo1.
X5	S2	Sensor Retro- reflectivo2.
X6	S3	Sensor Retro- reflectivo3.
X7	S4	Sensor Magnético1.
X10	S5	Sensor Magnético2.
X11	S6	Sensor Retro- reflectivo4.
X12	S7	Sensor Magnético3.
X13	S8	Sensor Magnético4.
X14	S9	Sensor Magnético5.
X15	S10	Sensor Retro- reflectivo5.
Y1	KM1	Motor.
Y2	KF1	Válvula monoestable de 5/2 vías.
Y3	KF2	Válvula monoestable de 5/2 vías.
Y4	KF3	Válvula monoestable de 5/2 vías.
Y5	KF4	Válvula monoestable de 5/2 vías.
Y6	KF5	Válvula monoestable de 5/2 vías.
Y16	PF1	Indicador verde.
Y17	PF2	Indicador rojo.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.7.6 Esquema eléctrico del módulo de ensamblaje pasador

En la Figura 3-46 se puede apreciar el esquema eléctrico del segundo módulo, tomando en cuenta los símbolos de PLC Schneider para, sensores, interruptores, pulsadores entre otros. En la Tabla 3-31 se puede ver la descripción de cada componente que se visualiza en el esquema para dar una mayor comprensión.



**Figura 3-46:** Esquema eléctrico del módulo de ensamblaje pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-31:** Contactos PLC Schneider.

ENTRADA / SALIDA	CONTACTO	DESCRIPCIÓN DEL CONTACTO
I0	SF1	Pulsador de paro.
I1	SF2	Pulsador de inicio.
I2	SF3	Pulsador de reinicio.
I3	SF4	Pulsador de paro de emergencia.
I4	S1	Sensor Retro- reflectivo1.
I5	S2	Sensor Retro- reflectivo2.
I6	S3	Sensor Magnético1.
I7	S4	Sensor Retro- reflectivo3.
I8	S5	Sensor Magnético2.
Q0	KF1	Válvula monoestable de 5/2 vías.
Q1	KF2	Válvula monoestable de 5/2 vías.
Q2	KM1	Motor.
Q5	PF1	Indicador verde.
Q6	PF2	Indicador rojo.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8 Configuración y programación del proceso

Este apartado trata sobre la programación que se realizó en cada módulo utilizando diferentes técnicas que se han adquirido en el transcurso de la carrera. Para la configuración del sistema automatizado que se ha diseñado para el proyecto, se debe tener presente la marca de los controladores que se implementaron.

#### 3.8.1 Entradas y salidas de los módulos

Para el desarrollo de un proyecto de automatización es necesario tener en cuenta cuantas entradas y salidas se tiene en el proceso, debido a que esto influye en la selección del controlador.

##### 3.8.1.1 E/S Módulo de ensamblaje base-tapa

El controlador de este módulo posee señales de tipo digital en las entradas y salidas; también consta de varias memorias que hacen posible la programación del proceso. En la Tabla 3-32 se detallan las variables que se utilizó.

**Tabla 3-32:** Asignación de E/S y memorias del módulo base-tapa.

ENTRADAS		SALIDAS		MEMORIAS	
Identificador	Dirección	Identificador	Dirección	Identificador	Dirección
INICO	X0	BANDA	Y1	MEM0	M0
PARO	X1	CIL1	Y2	MEM1	M1
RESET	X2	CIL2	Y3	MEM2	M2
PEMERGENCIA	X3	CIL5	Y4	MEM3	M3
SO1	X4	CIL3	Y5	MEM4	M4
SO2	X5	CIL4	Y6	MEM5	M5
SO3	X6	LUZINICIO	Y16	MEM6	M6
SM1	X7	LUZPARO	Y17	MEM7	M7
SM2	X10			MEM8	M8
SO4	X11			MEM9	M9
SM3	X12			MR	M12
SM4	X13			ME	M13
SM5	X14			MLINICIO	M15
SO5	X15			MLPARO	M16

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Para hacer el control IIoT en este módulo es necesario incluir en la programación algunas memorias para activarlas desde la V-Net, es decir que para controlar desde un dispositivo con acceso a internet se deben asignar memorias que interactúen con el programa. En la Tabla 3-33 se puede apreciar las memorias que se utilizó.

**Tabla 3-33:** Asignación de memorias para el control IIoT del módulo base-tapa.

IDENTIFICADOR	DIRECCIÓN	IDENTIFICADOR	DIRECCIÓN	IDENTIFICADOR	DIRECCIÓN
MINICIOIIOT	M50	C3	C3	MEM78	M78
MPAROOIIOT	M21	MEM70	M70	MEM79	M79
PEIIOT	M17	MEM71	M71	MEM80	M80
RESETHIOT	M18	MEM72	M72	MEM81	M81
COMPARACION	M19	MEM73	M73	MEM82	M82
CNTRR	D1	MEM74	M74	MEM83	M83
C0	C0	MEM75	M75	MEM84	M84
C1	C1	MEM76	M76		
C2	C2	MEM77	M77		

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8.1.2 E/S Módulo de ensamblaje pasador

El controlador de este módulo posee señales de tipo digital en las entradas y salidas; también consta de varias memorias que hacen posible la programación del proceso. En la Tabla 3-34 se detallan las variables utilizadas para el módulo de ensamblaje pasador.

**Tabla 3-34:** Asignación de E/S y memorias del módulo pasador.

ENTRADAS		SALIDAS		MEMORIAS	
Identificador	Dirección	Identificador	Dirección	Identificador	Dirección
INICO	%I0.0	CIL_1	%Q0.0	M0	M0
PARO	%I0.1	CIL_2	%Q0.1	M1	M1
RESET	%I0.2	BANDA	%Q0.2	M2	M2
PEMERGENCIA	%I0.3	LINICIO	%Q0.5	M3	M3
SO6	%I0.4	LPARO	%Q0.6	M4	M4
SO7	%I0.5			M5	M5
SM6	%I0.6			MLINICIO	M7
SO8	%I0.7			MLPARO	M8
SM7	%I0.8			MR	M9

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Para hacer el control IIoT en este módulo es necesario incluir en la programación algunas memorias para activarlas desde la V-Net, es decir que para controlar desde un dispositivo con acceso a internet se deben asignar memorias que interactúen con el programa. En la Tabla 3-35 se puede apreciar las memorias que se utilizó.

**Tabla 3-35:** Asignación de memorias para el control IIoT del módulo pasador.

IDENTIFICADOR	DIRECCIÓN	IDENTIFICADOR	DIRECCIÓN
ME	M14	MGEMERGENCIA	M25
INICIOIIOT	M15	M26	M26
PAROIIOT	M16	PREAJUSTE	M27
RESETIIOT	M19	COMPARADOR	M28
M20	M20	M29	M29
M21	M21	MW0	%MW0
MGPARO	M22	MW1	%MW1
PE_IIOT	M23	MW2	%MW2
M24	M24		

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8.2 Diagrama GRAFCET

Es un modelo de representación gráfica muy empleada en la industria, especialmente para procesos secuenciales tal es el caso de los procesos de manufactura. Para representar la programación, se diseña un diagrama de flujo de cada módulo, el módulo de ensamblaje base-tapa y el módulo de ensamblaje pasador correspondiente mente. En la Tabla 3-36 se describe los símbolos que se ocupan en el módulo de ensamblaje base-tapa.

**Tabla 3-36:** Descripción de símbolos del diagrama de flujo base-tapa.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Botón inicio	Pulsador de inicio.
Botón paro	Pulsador de paro.
Botón reset	Pulsador de reinicio.
Botón PEmergencia	Pulsador de pasada de emergencia.
Contacto inicioIIOT	Botón de inicio desde el SCADA.
Contacto paroIIOT	Botón de paro desde el SCADA.
Contacto resetIIOT	Botón de reinicio desde el SCADA.
Contacto PEmergenciaIIOT	Botón de parada de emergencia desde el SCADA.
Luz verde	Indicador de color verde que significa que el proceso está puesto en marcha.
Luz roja	Indicador de color rojo que significa que el proceso está detenido.
Sensor SO1	Primer sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SO2	Segundo sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SO3	Tercer sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SO4	Cuarto sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SO5	Quinto sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SM1	Primer sensor magnético del módulo.
Sensor SM2	Segundo sensor magnético del módulo.
Sensor SM3	Tercer sensor magnético del módulo.
Sensor SM4	Cuarto sensor magnético del módulo.
Sensor SM5	Quinto sensor magnético del módulo.
M+	Motor de la banda transportadora.
A+	Cilindro de doble efecto corto.
B+	Cilindro de doble efecto largo.
C+	Cilindro de doble efecto corto.
D+	Cilindro de doble efecto corto.
E+	Cilindro de doble efecto largo.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Estos símbolos son fundamentales para establecer un orden adecuado al crear el diagrama correspondiente de este módulo. En la Tabla 3-37 muestra la descripción de los símbolos que se utilizó en el diagrama de flujo para representar a las entradas y salidas del controlador del módulo ensamblaje pasador.

**Tabla 3-37:** Descripción de símbolos del diagrama de flujo del pasador.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Botón inicio	Pulsador de inicio
Botón paro	Pulsador de paro
Botón reset	Pulsador de reinicio
Botón PEmergencia	Pulsador de pasada de emergencia
Contacto inicioIIOT	Botón de inicio desde el SCADA
Contacto paroIIOT	Botón de paro desde el SCADA
Contacto resetIIOT	Botón de reinicio desde el SCADA
Contacto PEmergenciaIIOT	Botón de parada de emergencia desde el SCADA
Luz verde	Indicador de color verde que significa que el proceso está puesto en marcha.
Luz roja	Indicador de color rojo que significa que el proceso está detenido.
Sensor SO6	Primer sensor óptico retro reflectivo del módulo
Sensor SO7	Segundo sensor óptico retro reflectivo del módulo
Sensor SO8	Tercer sensor óptico retro reflectivo del módulo
Sensor SM6	Primer sensor magnético del módulo
Sensor SM7	Segundo sensor magnético del módulo
M+	Motor de la banda transportadora
A+	Cilindro de doble efecto corto
B+	Cilindro de doble efecto largo
C+	Cilindro de doble efecto corto
D+	Cilindro de doble efecto corto
E+	Cilindro de doble efecto largo

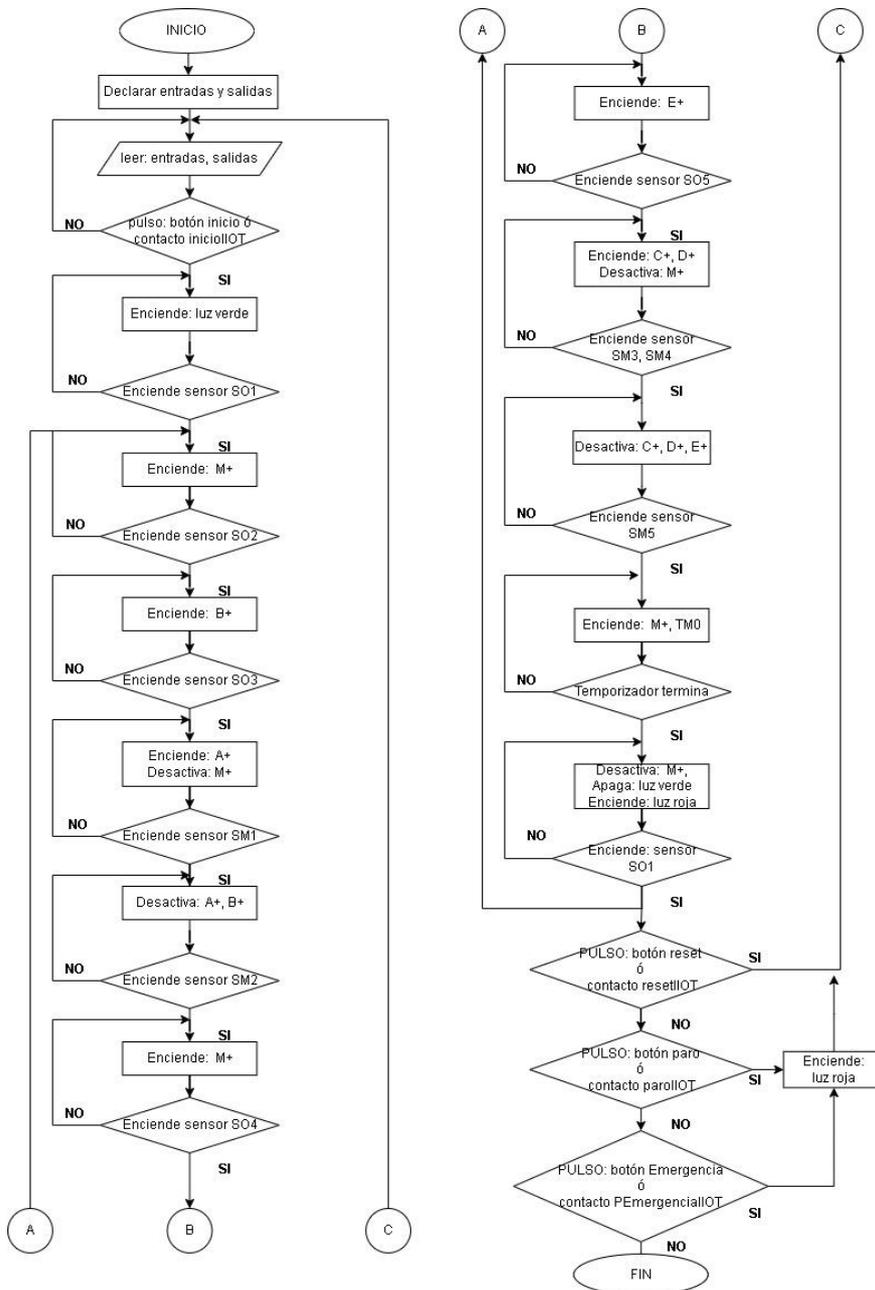
**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Estos símbolos son fundamentales para establecer un orden adecuado al crear el diagrama correspondiente del módulo. Teniendo en cuenta estos símbolos se realiza el diagrama de flujo de cada módulo de ensamblaje correspondiente

### 3.8.2.1 *Secuencia del proceso para el módulo de ensamblaje base-tapa.*

Es necesita un diagrama de flujos que nos permita desarrollar un algoritmo que represente el proceso de ensamblaje como se muestra en la Figura 3-47. El proceso inicia con la declaración de las variables, seguido por la adquisición de datos de los sensores para la toma de decisiones. Las decisiones incluyen verificar si se cumple una condición y, en caso contrario, se procede a

una consulta para determinar la acción a seguir. Las acciones a ejecutar por los actuadores se derivan de estas decisiones generando una secuencia del proceso.



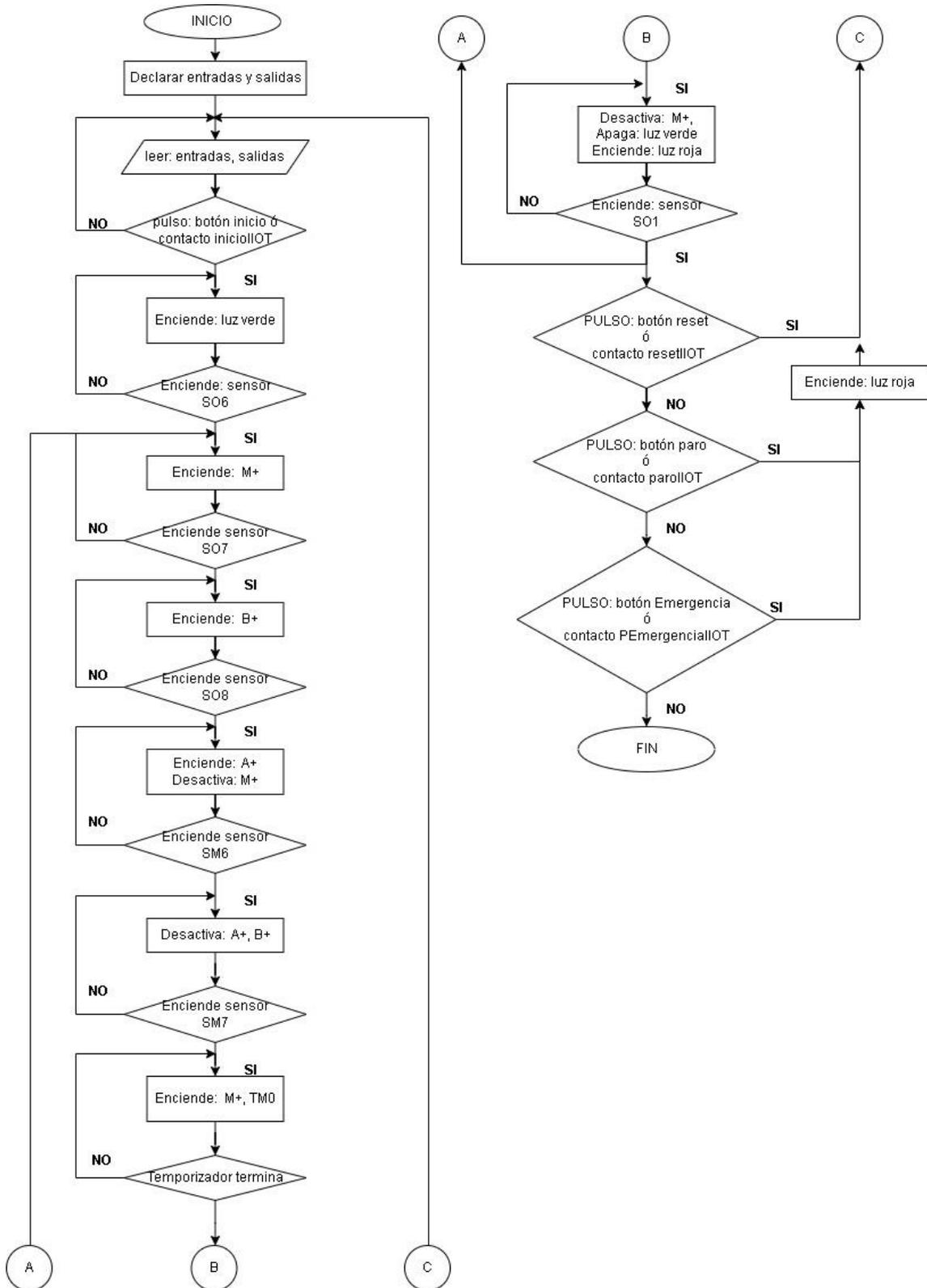
**Figura 3-47:** Diagrama de flujo del módulo ensamblaje base-tapa.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8.2.2 Secuencia del proceso para el módulo de ensamblaje pasador.

La Figura 3-48 se visualiza el diagrama de flujo del módulo, inicia con la declaración de variables y obtención de datos de los sensores para la toma de decisiones. Estas decisiones implican verificar si se cumple una condición y, de no ser así, realizar una nueva consulta para definir la

acción a seguir. Las acciones que deben ejecutar los actuadores se determinan a partir de estas decisiones generando una secuencia en el proceso.



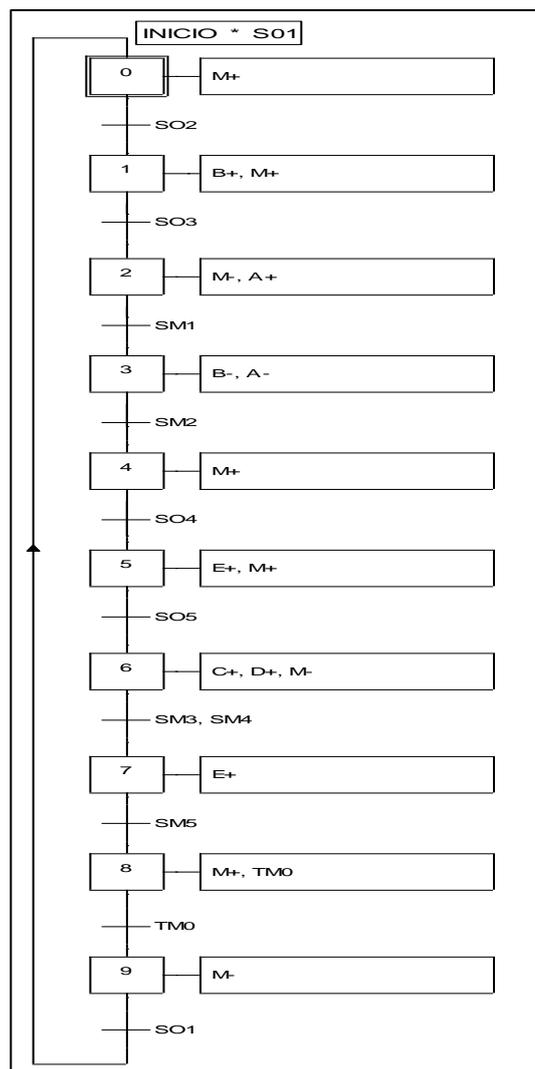
**Figura 3-48:** Diagrama de flujo del módulo de ensamblaje pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Se debe realizar una notación gráfica de ingeniería conocida como GRAFCET (Graphe Fonctionnel of Commande Étapes/Transitions). Mejora la capacidad de diseñar, analizar y comprender sistemas más complejos y se facilita la implementación de lógica de control en aplicaciones industriales y de automatización.

### 3.8.2.3 GRAFCET del módulo de ensamblaje base-tapa

Este sistema gráfico es empleado para representar de manera efectiva los pasos que realizara el proceso como se observa en la Figura 3-49, en base a esto se obtiene el funcionamiento de las dos estaciones. La cual está compuesto de diez etapas, diez transiciones y 10 acciones:



**Figura 3-49:** GRAFCET del módulo de ensamblaje base-tapa.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

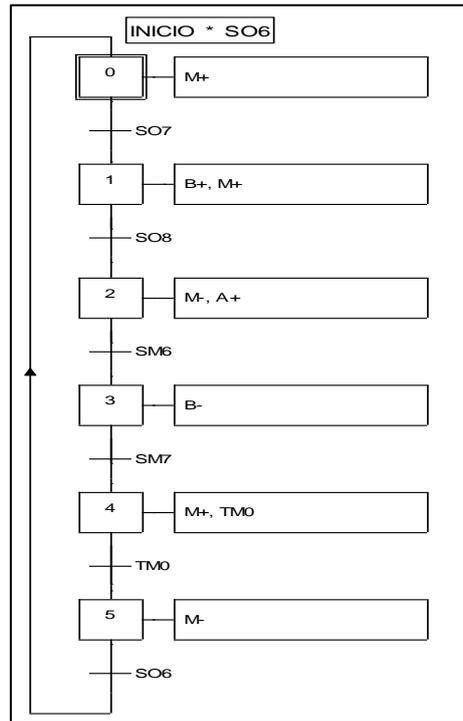
Se describe de la siguiente forma:

- La primera etapa (0) entra en funcionamiento cuando se presiona el botón inicio y el sensor retro reflectivo (SO1) detecta una pieza; esto hace que se encienda el motor de la banda (M+) hasta que el sensor retro reflectivo (SO2) detecte una pieza y esto hace pasar a la siguiente etapa.
- La segunda etapa (1) consiste en mantener encendida la banda (M+) y activar el primer cilindro (B+) del módulo hasta que el sensor retro reflectivo (SO3) detecte una pieza y esto provoque pasar a la siguiente etapa.
- La tercera etapa (2) detiene la banda (M-) y activa el cilindro (A+) hasta que sensor magnético (SM1) se active y esto hace avanzar a la siguiente etapa.
- La cuarta etapa (3) desactiva el cilindro (B-) y el cilindro (A-) hasta que el sensor magnético (SM2) se active y esto provoca avanzar a la siguiente etapa.
- La quinta etapa (4) enciende la banda hasta que el sensor retro reflectivo (SO4) detecte una pieza, lo que permite seguir a la siguiente etapa.
- La sexta etapa (5) mantiene encendida la banda (M+) y activa el cilindro (E+) hasta que el sensor retro reflectivo (SO5) detecte una pieza, esto hace pasar a la siguiente etapa.
- La séptima etapa (6) detiene la banda (M-) y activa dos cilindros (C+) y (D+) hasta que los sensores magnéticos (SM3) y (SM4) se activen esto provoca avanzar a la siguiente etapa.
- La octava etapa (7) desactiva los cilindros (E-), (C-) y (D-) hasta que el sensor magnético (SM5) se active esto permite avanzar a la siguiente etapa.
- La novena etapa (8) enciende la banda (M+) y activa un temporizador (TM0), el temporizador activa una memoria (TM0) y permite terminar con las etapas y avanzar a la siguiente.
- La décima etapa (9) consiste en apagar la banda (M-) hasta que el sensor retro reflectivo (SO1) detecte la presencia de una nueva pieza, permitiendo así repetir el proceso del primer módulo.

Es necesario hacer notar que en las etapas (3) y (7), en donde los cilindros se deben desactivar, existe un juego de programación con las memorias en las salidas, es decir, se niegan las memorias que corresponden a la etapa de desactivación en las salidas de cada cilindro.

#### 3.8.2.4 *GRAF CET del módulo de ensamblaje pasador*

En la Figura 3-50 se ilustra la secuencia de etapas que constituyen el sistema, que consta de seis etapas, seis transiciones y seis acciones para lograr el funcionamiento de la estación.



**Figura 3-50:** GRAFCET del módulo de ensamblaje pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Se describe de la siguiente forma:

- La primera etapa (0) entra en funcionamiento cuando se presiona el botón inicio y el sensor retro reflectivo (SO6) detecta una pieza; esto hace que se encienda el motor de la banda (M+) hasta que el sensor retro reflectivo (SO7) detecte una pieza y esto hace pasar a la siguiente etapa.
- La segunda etapa (1) consiste en mantener encendida la banda (M+) y activar el primer cilindro (B+) del módulo hasta que el sensor retro reflectivo (SO8) detecte una pieza y esto provoca pasar a la siguiente etapa.
- La tercera etapa (2) detiene la banda (M-) y activa el cilindro (A+) hasta que sensor magnético (SM6) se active y esto hace avanzar a la siguiente etapa.
- La cuarta etapa (3) desactiva el cilindro (B-) y el cilindro (A-) hasta que el sensor magnético (SM7) se active y esto provoca avanzar a la siguiente etapa.
- La quinta etapa (4) enciende la banda (M+) y activa un temporizador (TM0), el temporizador activa una memoria (TM0) y permite terminar con las etapas y avanzar a la siguiente.
- La sexta etapa (5) consiste en apagar la banda (M-) hasta que el sensor retro reflectivo (SO6) detecte la presencia de una nueva pieza, permitiendo así repetir el proceso del segundo módulo.

Es necesario hacer notar que en la etapa (3) en donde el cilindro se debe desactivar existe un juego de programación con la memoria en la salida, es decir, se niega la memoria que corresponde a la etapa de desactivación en la salida del cilindro.

### 3.8.3 Ecuaciones del GRAFCET

Al tratarse de una secuencia lineal en los modelos de representación gráfica que se ha obtenido para cada módulo, las ecuaciones que se obtiene se basan en el siguiente principio:

*“etapas anteriores por transición anterior más etapa actual por la siguiente etapa negada”.*

#### 3.8.3.1 Módulo de ensamblaje base-tapa

A partir del GRAFCET descrito en la sección 3.8.2.1 se obtiene las ecuaciones del módulo de ensamblaje base-tapa para su respectiva programación, estas ecuaciones se pueden observar en la Tabla 3.38.

**Tabla 3-38:** Ecuaciones del módulo de ensamblaje base-tapa.

ETAPAS	ECUACIÓN
M0=	INICIO*SO1+M9*SO1+M0*/M1
M1=	M0*SO2+M1*/M2
M2=	M1*SO3+M2*/M3
M3=	M2*SM1+M3*/M4
M4=	M3*SM2+M4*/M5
M5=	M4*SO4+M5*/M6
M6=	M5*SO5+M6*/M7
M7=	M6*SM3*SM4+M7*/M8
M8=	M7*SM5+M8*/M9
M9=	M8*TM0+M9*/M0
SALIDAS	
MEMORIA	ACTUADOR
M0, M1, M4, M5, M8	M+
M2	A+
M1	B+
M6	C+, D+
M5	E+
/M3	B-
/M7	E-

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8.3.2 Módulo de ensamblaje pasador

Las ecuaciones obtenidas del módulo de ensamblaje pasador son a partir del GRAFCET de la sección 3.8.2.4 para su respectiva programación, estas ecuaciones se pueden observar en la Tabla 3-39.

**Tabla 3-39:** Ecuaciones del módulo de ensamblaje base-tapa.

ETAPAS	ECUACIÓN
M0=	INICIO*SO6+M5*SO6+M0*/M1
M1=	M0*SO7+M1*/M2
M2=	M1*SO8+M2*/M3
M3=	M2*SM6+M3*/M4
M4=	M3*SM7+M4*/M5
M5=	M4*TM0+M5*/M1
SALIDAS	
MEMORIA	ACTUADOR
M0, M1, M4	M+
M2	A+
M1	B+
/M3	B-

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8.4 Software de programación

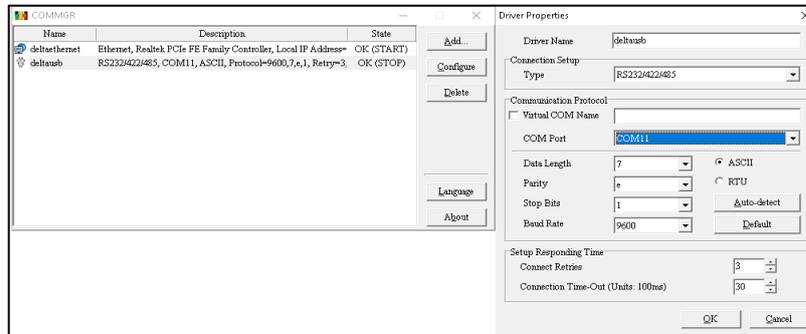
En el ámbito industrial, Schneider y Delta destacan como marcas ampliamente reconocidas por su profunda experiencia en el control automatizado de diversos procesos. Ambas compañías brindan diversos PLCs y softwares específicamente diseñados para la programación, basados en el lenguaje LADDER o diagrama de escalera, una opción gráfica muy apreciada en el ámbito de la automatización. Este enfoque se fundamenta en un esquema eléctrico de módulo clásico, lo que lo convierte en una elección altamente adaptable y valiosa para la ingeniería electrónica.

#### 3.8.4.1 Programas informáticos

**ISPSOft.** - Representa la más avanzada herramienta de desarrollo de software de Delta para controladores lógicos programables. Facilita la gestión de proyectos mediante la incorporación de tareas integradoras. Con su entorno de desarrollo eficiente y práctico, los usuarios pueden aplicar PLC a sistemas de control más elaborados, así como a sistemas de control más pequeños (Lureye, 2013). Este programa tiene gran relevancia en el proyecto ya que se involucra en la programación del módulo de ensamblaje base-tapa. Para ello se utilizó la versión ISPSOft v 3.16.

**COMMGR.** - Es el administrador de puertos de comunicación el cual está diseñado para simplificar las tareas de programación y detectar las diferentes puertas de enlace de comunicación de su computadora brindando la posibilidad de habilitar/deshabilitar cada una cuando sea

necesario (Delta, 2021). Este programa sirve para configurar el driver de comunicación del PLC Delta con la PC, con el fin de cargar el programa se utiliza el puerto de comunicación COM11 para el módulo de ensamblaje base-tapa, como se muestra en la Figura 3-51, la configuración que debe tener el programa.



**Figura 3-51:** Evidencia de la configuración del software COMMGR.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**DCISoft.-** Este programa permite configurar la dirección IP del PLC Delta. En la Figura 3-52 se presenta la dirección IP considerada para el PLC Delta.



**Figura 3-52:** Evidencia de la configuración del software DCISoft.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**EcoStruxure Machine.** - Es la innovadora arquitectura y plataforma de Schneider Electric, diseñada para brindar interoperabilidad abierta y compatibilidad con IoT en diversos sectores, incluyendo hogares, edificios, centros de datos, infraestructura e industrias. Esta solución ofrece una forma eficiente de administrar y controlar sistemas mediante la integración de tecnologías avanzadas y automatización inteligente (Ecostruxure, 2022). Para el proyecto se utilizó la versión 1.2 Ecostruxure Machine Expert-Basic.

### 3.8.5 Programación de controladores

Para representar la programación, se ha creado un diagrama de flujo en cada módulo. Estos diagramas sirven como guía para comprender el lenguaje Ladder utilizado en cada controlador.

Sin embargo, para una comprensión más detallada del proceso presentado en los diagramas de flujo, se Puede consultar el apartado 3.8.2.

En la Tabla 3-40 muestra la descripción de los símbolos que se utilizó en el diagrama de flujo para representar a las entradas y salidas del controlador.

**Tabla 3-40:** Descripción de símbolos del diagrama de flujo Base-Tapa.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Botón inicio	Pulsador de inicio.
Botón paro	Pulsador de paro.
Botón reset	Pulsador de reinicio.
Botón PEmergencia	Pulsador de pasada de emergencia.
Contacto inicioIIOT	Botón de inicio desde el SCADA.
Contacto paroIIOT	Botón de paro desde el SCADA.
Contacto resetIIOT	Botón de reinicio desde el SCADA.
Contacto PEmergenciaIIOT	Botón de parada de emergencia desde el SCADA.
Luz verde	Indicador de color verde que significa que el proceso está puesto en marcha.
Luz roja	Indicador de color rojo que significa que el proceso está detenido.
Sensor SO1	Primer sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SO2	Segundo sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SO3	Tercer sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SO4	Cuarto sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SO5	Quinto sensor óptico retro reflectivo del módulo.
Sensor SM1	Primer sensor magnético del módulo.
Sensor SM2	Segundo sensor magnético del módulo.
Sensor SM3	Tercer sensor magnético del módulo.
Sensor SM4	Cuarto sensor magnético del módulo.
Sensor SM5	Quinto sensor magnético del módulo.
M+	Motor de la banda transportadora.
A+	Cilindro de doble efecto corto.
B+	Cilindro de doble efecto largo.
C+	Cilindro de doble efecto corto.
D+	Cilindro de doble efecto corto.
E+	Cilindro de doble efecto largo.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8.5.1 Programación del PLC Schneider

En la Tabla 3-41 muestra la descripción de los símbolos que se utilizó en el diagrama de flujo para representar a las entradas y salidas del controlador.

**Tabla 3-41:** Descripción de símbolos del diagrama de flujo Pasador.

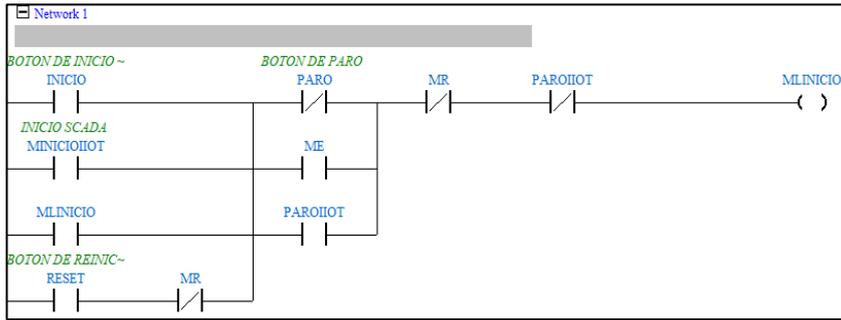
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Botón inicio	Pulsador de inicio
Botón paro	Pulsador de paro
Botón reset	Pulsador de reinicio
Botón PEmergencia	Pulsador de parada de emergencia
Contacto inicioIIOT	Botón de inicio desde el SCADA
Contacto paroIIOT	Botón de paro desde el SCADA
Contacto resetIIOT	Botón de reinicio desde el SCADA
Contacto PEmergenciaIIOT	Botón de parada de emergencia desde el SCADA
Luz verde	Indicador de color verde que significa que el proceso está puesto en marcha.
Luz roja	Indicador de color rojo que significa que el proceso está detenido.
Sensor SO6	Primer sensor óptico retro reflectivo del módulo
Sensor SO7	Segundo sensor óptico retro reflectivo del módulo
Sensor SO8	Tercer sensor óptico retro reflectivo del módulo
Sensor SM6	Primer sensor magnético del módulo
Sensor SM7	Segundo sensor magnético del módulo
M+	Motor de la banda transportadora
A+	Cilindro de doble efecto corto
B+	Cilindro de doble efecto largo
C+	Cilindro de doble efecto corto
D+	Cilindro de doble efecto corto
E+	Cilindro de doble efecto largo

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8.5.2 Lenguaje Ladder del módulo de ensamblaje base-tapa

Para comprender el lenguaje Ladder es necesario conocer el Grafcet de este módulo, este consiste en 10 etapas, es por ello que en el lenguaje de programación se obtendrá 10 escalones (Red) para poder realizar la respectiva configuración de cada etapa.

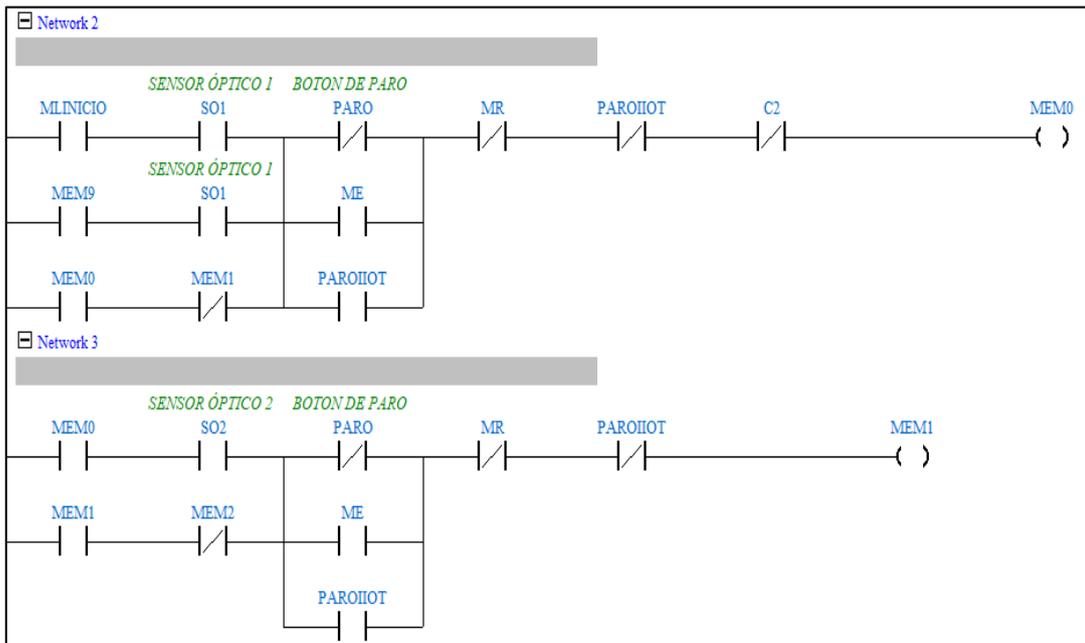
En la Figura 3-53 se realiza un paso extra para poder enclavar las señales de inicio de parte del botón manual y el botón del SCADA.



**Figura 3-53:** Escalón de programación para enclavar el inicio del módulo 1.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

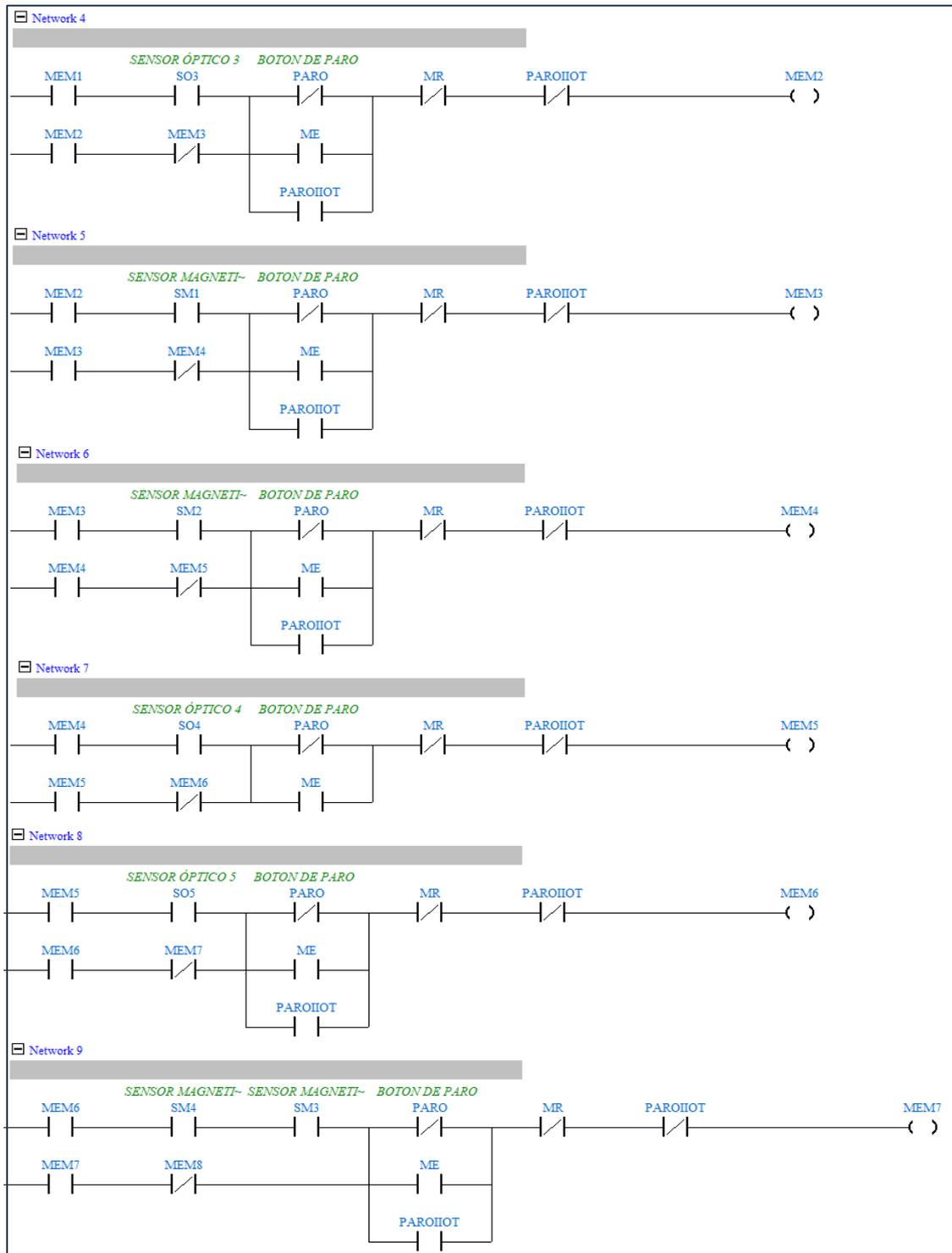
En la Figura 3.54, se divide en 3 secciones que tiene las líneas de programación que describen todo el Grafcet éste consiste en 10 escalones, en la primera sección de esta figura, se aprecia los dos escalones iniciales de programación, en los cuales se activa la etapa 0 y 1.



**Figura 3-54:** Escalón de programación del Grafcet del módulo 1.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la sección subsiguiente de la Figura 3-54 A, se puede visualizar los seis siguientes escalones adicionales de programación, en los que se activan las etapas desde la 2 hasta la etapa 7.

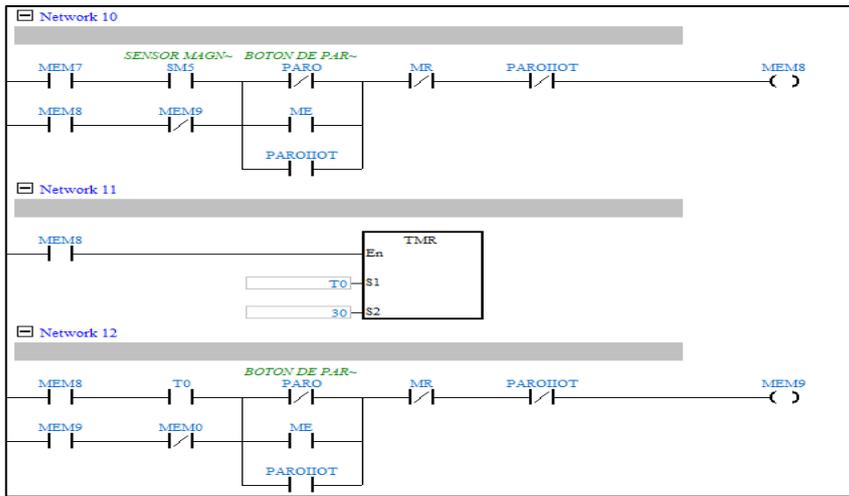


**Figura 3-54 A:** Escalón de programación del Grafcet del módulo 1.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Por ultima sección de la Figura 3-54 B, se puede observar la activación de la etapa 8, la cual habilita un bloque que representa el temporizador de 30 segundos. Una vez que se cumple el

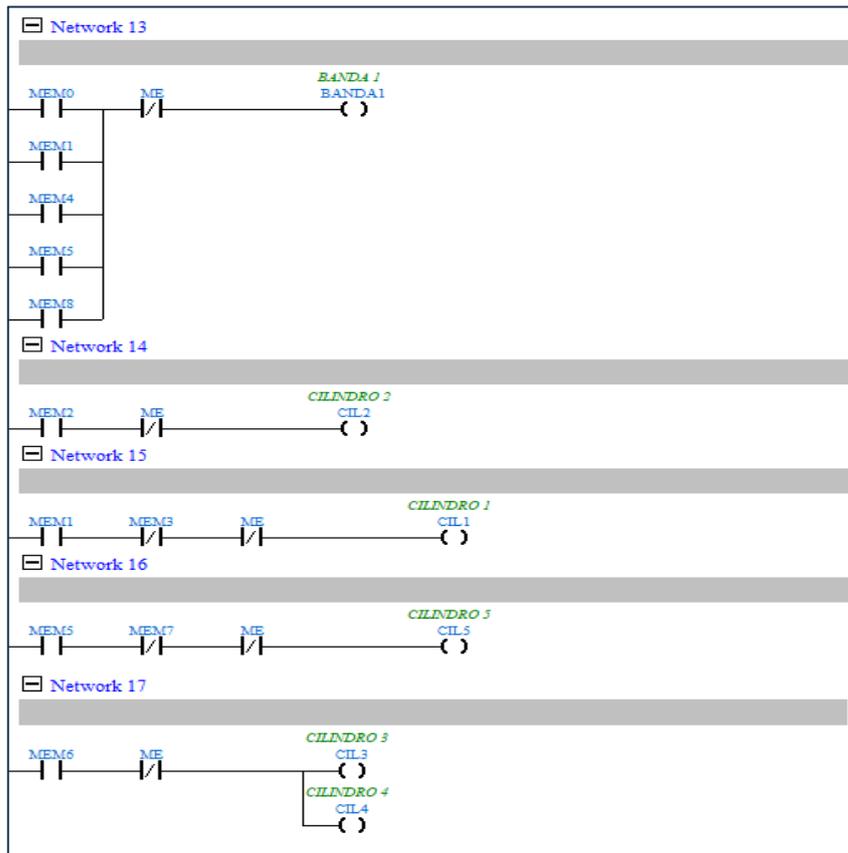
tiempo establecido, contribuye a la activación de la etapa 9, cabe señalar que este temporizador no se considera en el Grafcet.



**Figura 3-54 B:** Escalón de programación del Grafcet del módulo 1.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

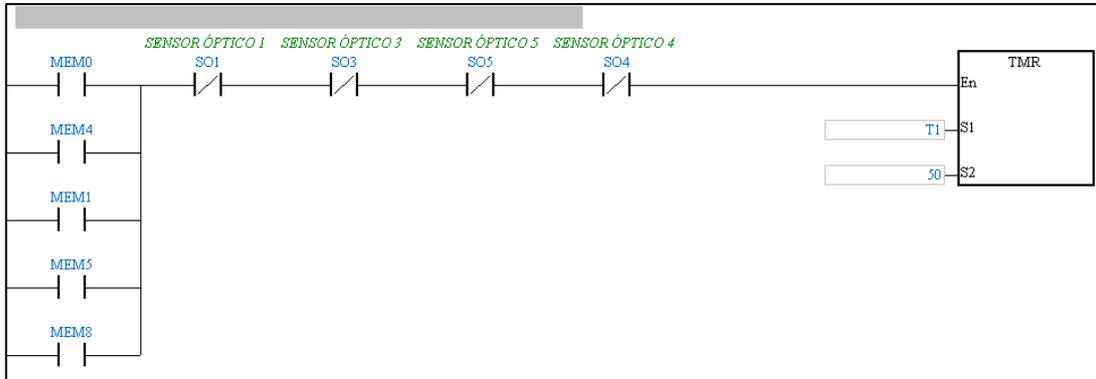
En la Figura 3-55 se puede visualizar las salidas, es decir, los actuadores que se accionaran con las etapas que se activen en la programación que ocurre en las líneas de programación del Grafcet.



**Figura 3-55:** Escalón de programación de las salidas del módulo 1.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Figura 3-56 se puede visualizar la línea de programación que corresponde a la detección de falsos arranques en el sistema, es decir si al iniciar el proceso no se detecta un el pallet la banda se apagara después de un tiempo establecido con la finalidad de proteger los dispositivos ante perturbaciones.



**Figura 3-56:** Escalón de la protección ante falsos arranques.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.8.5.3 Lenguaje Ladder del módulo de ensamblaje pasador

Para comprender el lenguaje Ladder es necesario conocer el Grafcet de este módulo, este consiste en 6 etapas es por ello qué en el lenguaje de programación se obtendrá 6 escalones (peldaño) para poder realizar la respectiva configuración de cada etapa.

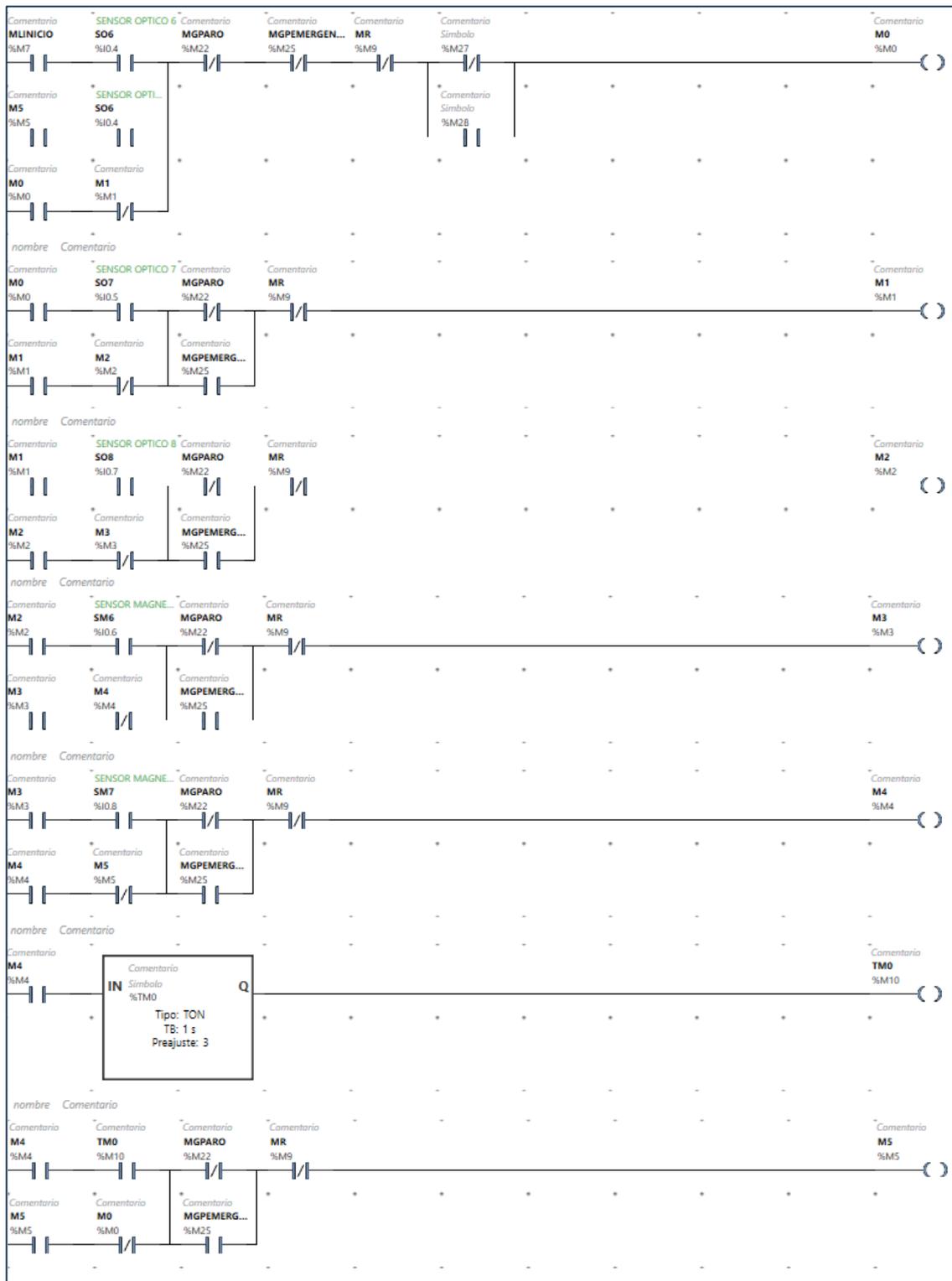
En la Figura 3-57 se realiza un paso extra para poder enclavar las señales de inicio de parte del botón manual y el botón del SCADA.



**Figura 3-57:** Escalón de programación para enclavar el inicio del módulo 2.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

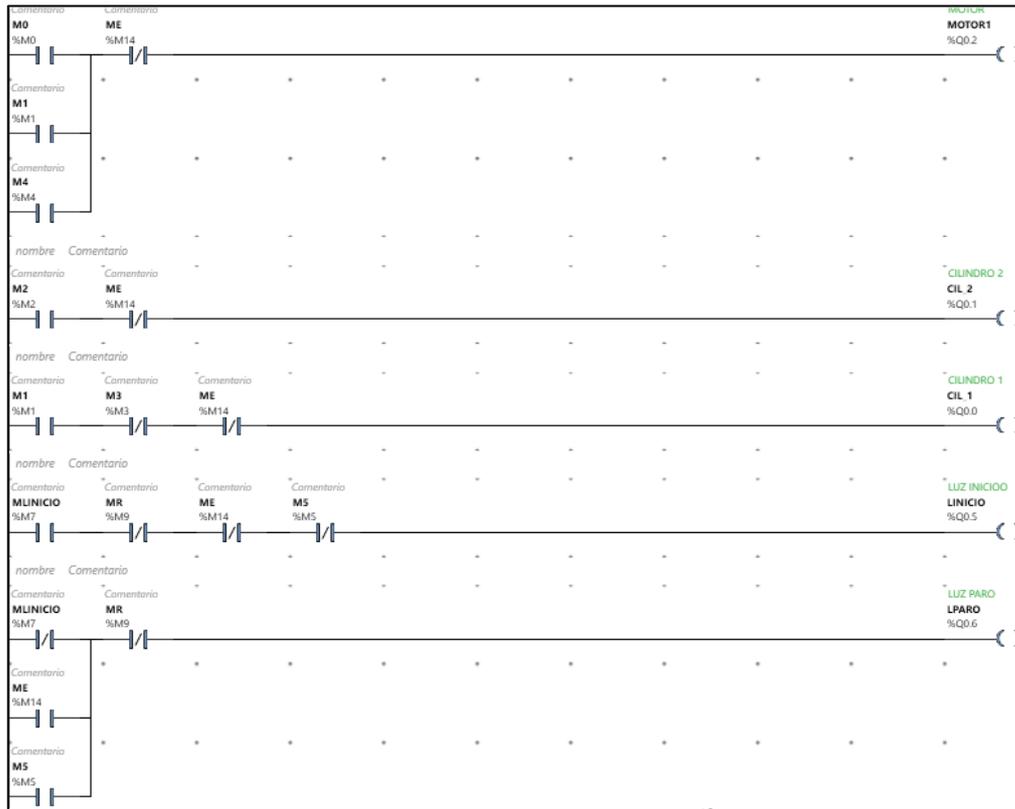
En la Figura 3-58 se tiene las líneas de programación que describen todo el GRAFCET. Éste consiste en 6 escalones, el escalón que contiene el bloque que representa el temporizador no se toma en cuenta en el Grafcet, sin embargo, es importante realizar esta acción en la programación para que este pueda inicializar al temporizador



**Figura 3-58:** Escalón de programación del Grafcet del módulo 2.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

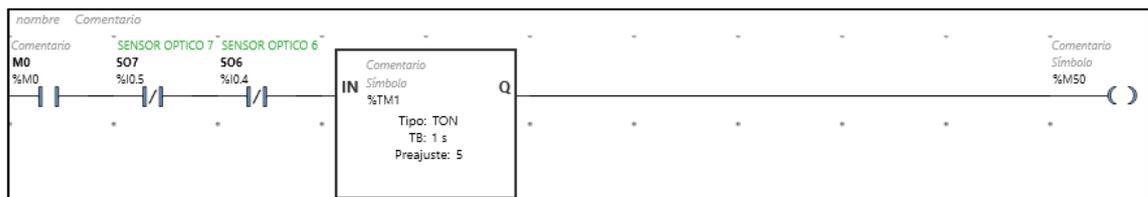
En la Figura 3-59 se puede visualizar las salidas, es decir, los actuadores que se accionaran con las memorias que se activen en la programación que ocurre en las líneas de programación del GRAFCET.



**Figura 3-59:** Escalón de programación de las salidas del módulo 2.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Figura 3-60 se puede visualizar la línea de programación del segundo módulo que corresponde a la detección de falsos arranques en el sistema, es decir si al iniciar el proceso no se detecta un el pallet la banda se apaga después de un tiempo establecido con la finalidad de proteger los dispositivos ante perturbaciones.



**Figura 3-60:** Escalón de la protección ante falsos arranques del módulo 2.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

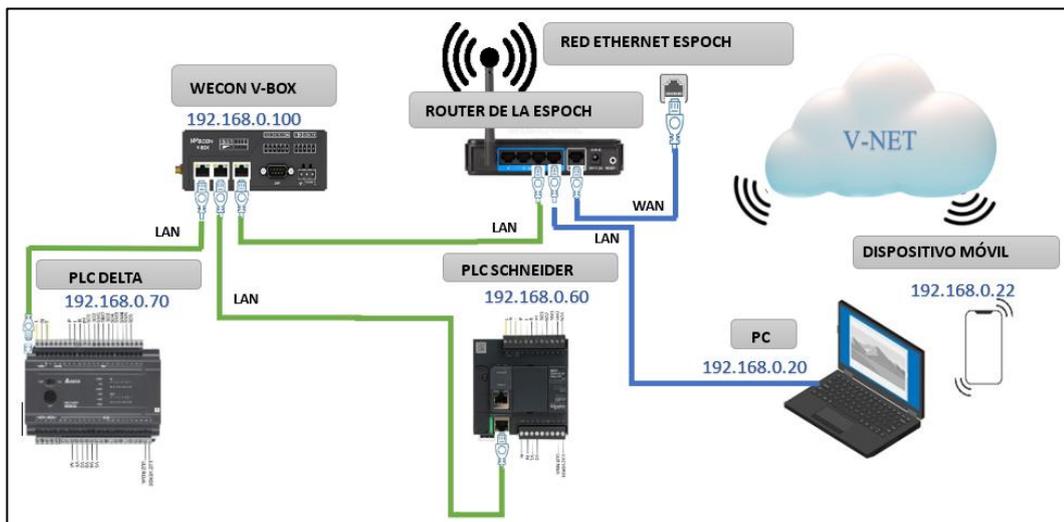
### 3.9 Diseño del control IIoT

Este apartado trata sobre la comunicación de forma remota del sistema V-BOX y V-Net de WECON, con el fin de cumplir uno de los objetivos planteados, para ello es necesario tomar en cuenta que la Pasarela WECON V-BOX juega un papel importante en el diseño y configuración de la técnica de comunicación. El sistema V-BOX es el hardware que permite la comunicación de diferentes dispositivos de carácter industrial como PLC, variadores de frecuencia, HMI entre

otros; mientras que el sistema V-Net es un software que permite la accesibilidad a partir de cualquier dispositivo que esté conectado a internet, así como la multiplicidad de usuarios, siempre y cuando cuenten con las credenciales de acceso.

### 3.9.1 Concepción para la configuración de la infraestructura de red.

En esta sección, se procede a diseñar y organizar la configuración del Protocolo de Internet (IP) a cada dispositivo, se le asigna una dirección IP única, como se muestra en la Figura 3-61. La asignación de direcciones se encuentra detallada en la Tabla 3-42, lo cual facilita la identificación, organización, localización y comunicación de los dispositivos dentro de la red.



**Figura 3-61:** Concepción del diseño para la comunicación de los dispositivos en la red

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-42:** Dirección IP de los dispositivos.

DISPOSITIVO	DIRECCIÓN IP
Pasarela WECON V- BOX	192.168.0.100
PLC Delta	192.168.0.70
PLC Schneider	192.168.0.60
PC Hp	192.168.0.20
Móvil	192.168.0.22

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.9.2 Pasarela WECON V-BOX

Este dispositivo es un hardware que ha sido desarrollado con el propósito de establecer un sistema industrial de internet de las cosas (IoT), confiable y seguro, aprovechando las tecnologías más avanzadas en la nube y en el campo de la industria. Este sistema permite la conexión eficiente entre dispositivos, información y usuarios. A través de la V-Net, los usuarios tienen la capacidad

de analizar datos en tiempo real, controlar dispositivos y recibir información de forma remota utilizando dispositivos móviles o computadoras convencionales.

### 3.9.3 Creación de la cuenta en la pasarela WECON V-Net

Para establecer un sistema centralizado de supervisión, control y adquisición de datos a través del Internet Industrial de las Cosas (IIoT), se inicia con la configuración de la pasarela. El primer paso en este proceso consiste en la creación y registro de una cuenta, para lo cual se emplea un correo electrónico privado, el cual desempeña un papel fundamental en el seguimiento y registro de la cuenta. En la Figura 3-62 se observa la evidencia de los datos utilizados durante el proceso de registro.

- El primer paso consiste en ingresar un nombre de usuario, el cual corresponde en este caso "ESPOCH2023".
- Se procede a ingresar el correo electrónico de registro, que es "kevin.macas@epoch.edu.ec".
- Como tercer paso, se introduce una contraseña robusta garantizando la seguridad, que en este caso es "#ensamblajebasetapasador\*".
- Se ingresa el nombre de la empresa, que corresponde a la institución de la ESPOCH.
- Se proporciona un contacto de correo adicional.
- Se aceptan los términos de servicio y se hace clic en el botón de inscripción.

**Figura 3-62:** Evidencia de registro de la cuenta en la plataforma V-Net

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Una vez inscrito en la plataforma de V-Net se debe acceder al correo electrónico de registro, debido a que se envía un correo de comprobación para activar la cuenta como se indica en la Figura 3-63.



**Figura 3-63:** Correo para la activación de la cuenta de la plataforma V-Net

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

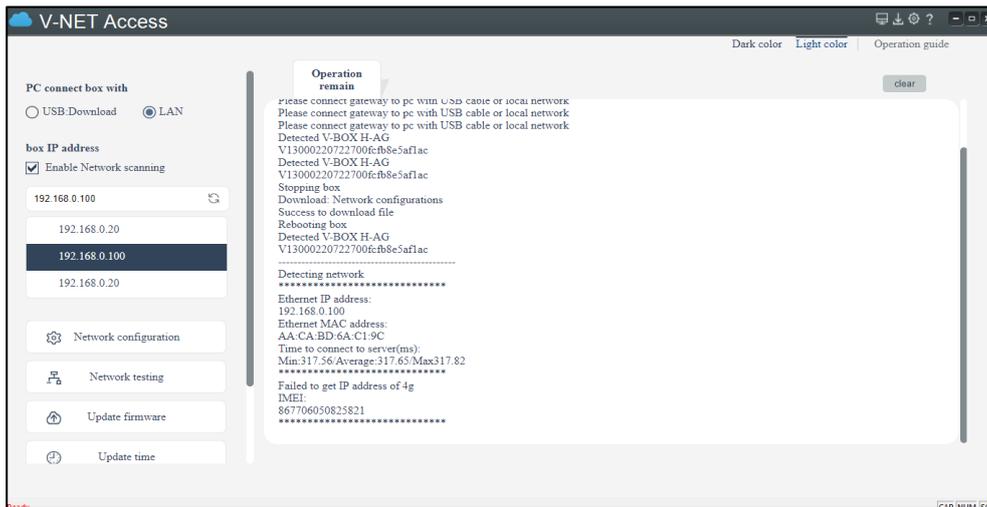
### 3.9.4 Configuración de la pasarela WECON V-BOX en la plataforma V-Net

Una vez creada la cuenta en la plataforma V-Net se procede a acceder con la cuenta “ESPOCH2023” y la contraseña “#ensamblajebasetapasador\*” creados en el apartado 3.9.3. se realiza los siguientes pasos:

- Se debe acceder por primera vez a la plataforma V-Net, donde se procede a configurar la pasarela WECON V-BOX H-AG para conectarse a la red, se configura una conexión a través de una red local.
- Al iniciar la exploración de red, se identificar la presencia de la red 192.168.0.100. Al seleccionar esta red se detectada exitosamente la pasarela V-BOX H-AG.
- Se configura una nueva red Ethernet como DHCP para permitir que los dispositivos obtengan automáticamente una dirección IP. Además, se procede a habilitar la red móvil 4G, donde se elige un nombre de punto de acceso predeterminado y se establece una contraseña de acceso por defecto, la cual es “888888”.
- Por último, se carga la configuración.

Estos aspectos de configuración se pueden apreciar en el Anexo E.

Para asegurarse de que la carga se haya realizado correctamente, se procede a visualizar la ventana de operación en espera, la cual indica que la configuración de red y el archivo se han descargado exitosamente. Posteriormente, el dispositivo se reinicia y procede a detectar nuevamente la pasarela utilizando el código de acceso "V13000220722700fcfb8e5af1ac", correspondiente a la pasarela V Box H-AG, como se evidencia en la Figura 3-64.



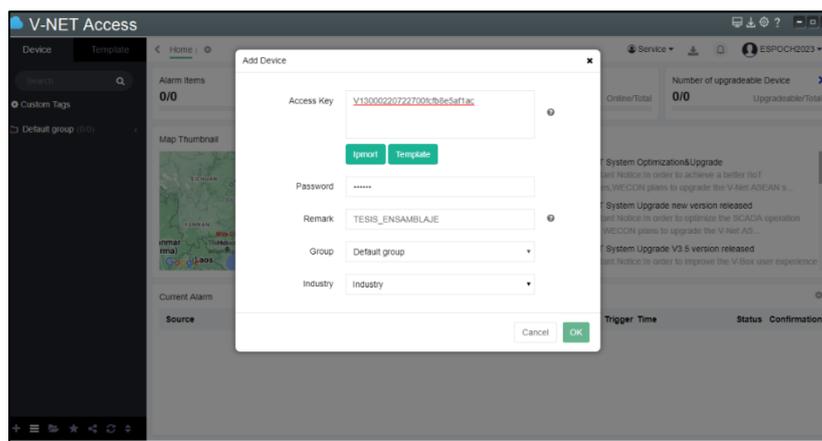
**Figura 3-64:** Captura del código del dispositivo WECON V-BOX H-AG.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Después de registrar los códigos, el siguiente paso es agregar el dispositivo. Para hacerlo, se hace clic derecho sobre el grupo por defecto ubicado en la parte izquierda y se selecciona la opción "agregar". Se abrirá una ventana en la cual se procederá a:

- Agregar el dispositivo con la clave de acceso “**V13000220722700fcfb8e5af1ac**”.
- Se ingresa la contraseña por defecto que es “**8888888**”.
- Se establece el nombre “**TESIS\_ENSAMBLAJE**”.
- Se deja el grupo por defecto.
- Se establece la industria como industrial.
- Por último, clic en Ok.

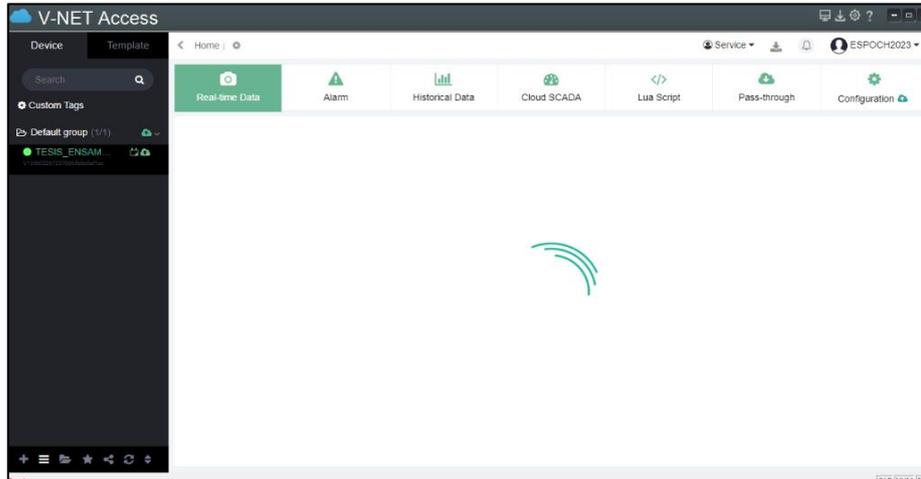
Estos procesos se pueden evidenciar en la Figura 3-65.



**Figura 3-65:** Muestra de la incorporación de nuevos dispositivos de acceso en la plataforma V-Net

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Al agregar el dispositivo, se realiza una verificación para determinar si está en línea. Esta información se muestra en la Figura 3-66, en la parte izquierda, dentro de los grupos por defecto. Se puede observar que la pasarela se ha agregado correctamente y está en línea. Una forma de identificar es mediante el indicador "1 de 1" en el grupo por defecto, y el indicador del grupo denominado "TESIS\_ENSAMBLAJE" se muestra en color verde, lo que también confirma que la pasarela está conectada y funcionando adecuadamente.



**Figura 3-66:** Evidencia de la verificación de la incorporación del dispositivo en la plataforma V-Net.

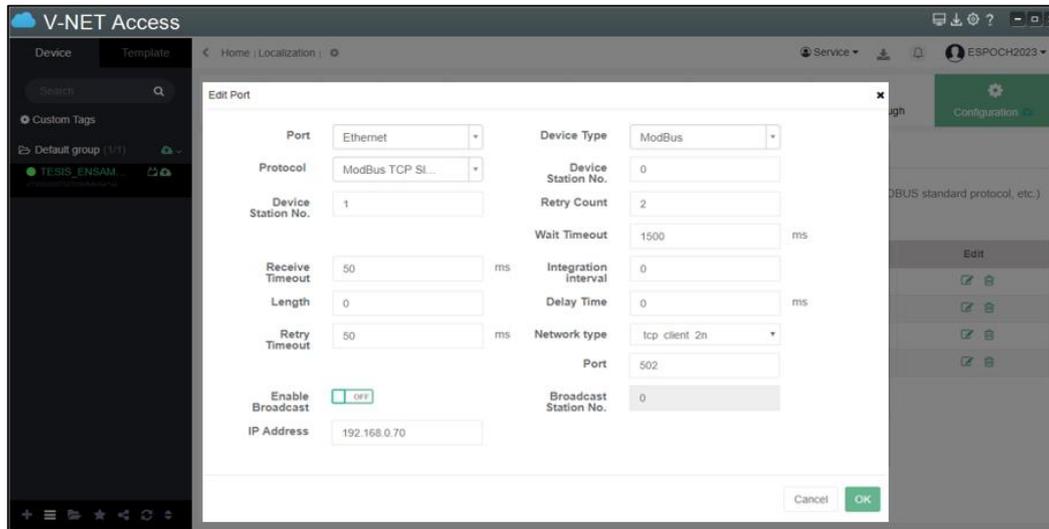
**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.9.5 *Trasferencia de datos del PLC hacia la plataforma V-Net*

Para adquirir los datos del PLC Delta y Schneider en la nube V-Net, es necesario contar con una interfaz de comunicación, la cual se configura seleccionando el grupo por defecto y se escoge el grupo denominado "TESIS\_ENSAMBLAJE". Luego, se da paso a la sección de configuración y se selecciona la opción "agregar", lo que abre una ventana para configurar el puerto de enlace. En esta ventana, se puede ajustar los parámetros necesarios para establecer la comunicación adecuada entre la plataforma V-Net y los PLCs Delta y Schneider, lo que permite la adquisición de los datos requeridos.

En la Figura 3-67, se muestra la configuración de comunicación del PLC Delta, que controla el módulo de ensamblaje base-tapa, se ha optado por el tipo de puerto Ethernet y el protocolo de comunicación Modbus TCP Slave. La elección del tipo de dispositivo Modbus se debe a que tanto el PLC Delta como el PLC Schneider comparten el mismo protocolo. Así mismo, se ha asignado una dirección IP de 192.168.0.70 al PLC Delta para facilitar una comunicación fluida y eficiente entre ambos dispositivos en la red.

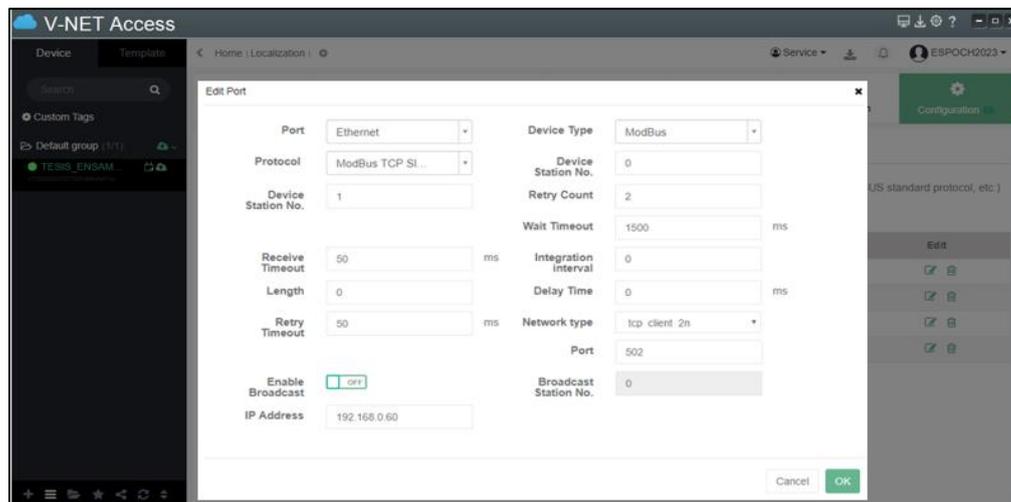
Esta configuración asegura una adecuada interconexión y transferencia de datos entre los dispositivos involucrados.



**Figura 3-67:** Evidencia de la configuración del puerto de comunicación del PLC Delta.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Después de realizar la configuración para la comunicación de datos del PLC Delta, se procede a configurar la comunicación del PLC Schneider, que controla el módulo de ensamblaje pasador. Para ello, se selecciona el tipo de puerto Ethernet y se utiliza el protocolo de comunicación Modbus TCP Slave. Se elige el tipo de dispositivo Modbus y se le asigna una dirección IP de 192.168.0.60, tal como se muestra en la Figura 3-68. Esta configuración garantiza una adecuada interconexión y comunicación entre el PLC Schneider y la pasarela WECON V-BOX en la red.



**Figura 3-68:** Evidencia de la configuración del puerto de comunicación del PLC Schneider.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Para obtener los datos en tiempo real, se emplea el protocolo de comunicación Modbus, que facilita la lectura y escritura de datos, los cuales son almacenados en memorias específicas para

su posterior lectura y uso. Esta metodología permite obtener y gestionar los datos de manera eficiente, asegurando un acceso oportuno a la información actualizada de los dispositivos conectados al sistema.

La Tabla 3-43 y la Tabla 3-44 indican las diferentes configuraciones y códigos utilizados en el protocolo Modbus para la lectura y escritura de datos en dispositivos y sistemas conectados.

**Tabla 3-43:** Tipos de registros Word y los códigos de función asociados a Modbus.

DIRECCIÓN DE PALABRA (WORD)	CÓDIGO DE FUNCIÓN (HEX)	LONGITUD DE DATOS	LECTURA O ESCRITURA
3	04 (Leer dirección de entrada)	16 bits	Solo Lectura
	06 (Escribir dirección individual de retención)		
	10 (Escribir múltiples bobinas)		
4	03 (Leer múltiples direcciones de retención)	16 bits	Lectura/Escritura
	06 (Escribir dirección individual de retención)		
	10 (Escribir múltiples bobinas)		
W5	03 (Leer múltiples direcciones de retención)	16 bits	Lectura/Escritura
	06 (Escribir dirección individual de retención)		
	10 (Escribir múltiples bobinas)		
W6	03 (Leer múltiples direcciones de retención)	16 bits	Lectura/Escritura
	DF (Escribir múltiples direcciones)		

Fuente: WECON Technology,2020.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 3-44:** Tipos de registros Bit y los códigos de función asociados a Modbus.

DIRECCIÓN DE BIT	CÓDIGO DE FUNCIÓN (HEX)	LONGITUD DE DATOS	LECTURA O ESCRITURA
0	01 (Leer bobinas)	16 bits	Lectura/Escritura
	05 (Escribir bobina individual)		
	0F (Escribir múltiples bobinas)		
1	02 (Leer entradas discretas)	16 bits	Solo Lectura
	05 (Escribir bobina individual)		
	0F (Escribir múltiples bobinas)		
W5	01 (Leer bobinas)	16 bits	Lectura/Escritura
	05 (Escribir bobina individual)		
	0F (Escribir múltiples bobinas)		
W15	01 (Leer bobinas)	16 bits	Lectura/Escritura
	DF (Escribir múltiples bobinas)		

Fuente: WECON Technology,2020.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Se establece las variables correspondientes al módulo de ensamblaje base-tapa del PLC Delta como se indica en la Tabla 3-45. Para realizar la lectura de las memorias en el PLC a través del protocolo Modbus, es necesario sumar el número de 2048 a las direcciones de memoria colocadas en el PLC. Del mismo modo, para las variables de registro, se debe sumar la dirección de memoria más el número 3584. Esta adaptación se aplica específicamente a los contadores del pallet, base y

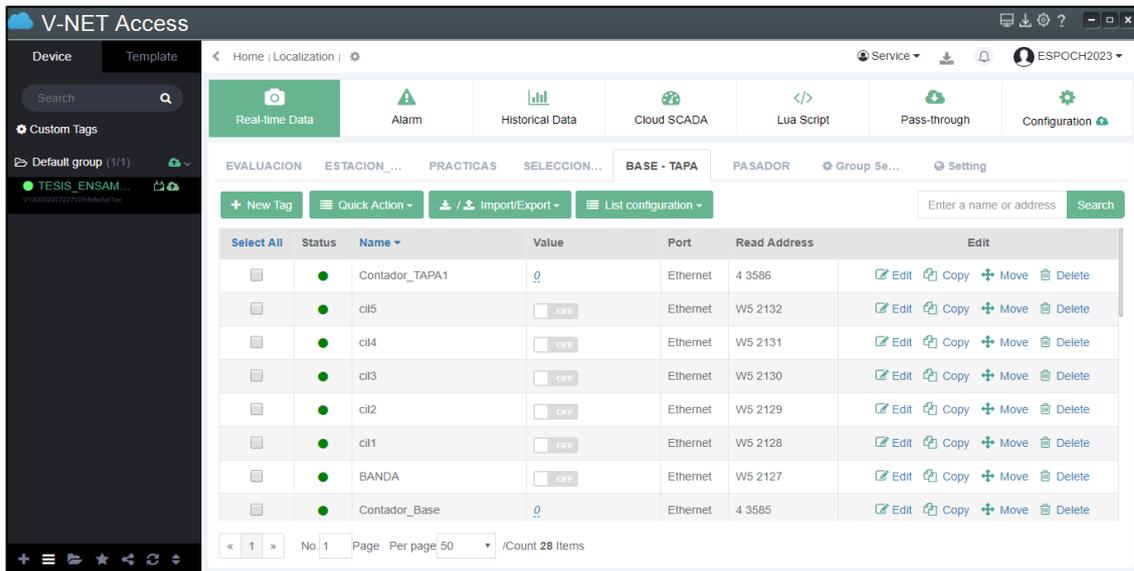
tapa. Además, para ingresar un valor para el conjunto de un número determinado de piezas, se le suma el número 4096 a la memoria correspondiente, cuando se trate de un error se activa un indicador de alerta para mencionar que no se ha detectado las piezas, para esto se le designa un temporizador denominado T1 al cual se le debe sumar 1536 a la memoria del temporizador.

**Tabla 3-45:** Variables del PLC delta con sus respectivas direcciones Modbus para la plataforma V-Net.

ETIQUETA	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN DEL PLC DELTA	DIRECCIÓN MODBUS
DInicio_IIoT	W5	50	2098
DParo_IIoT	W5	21	2069
DReset_IIoT	W5	18	2066
DPEmergencia_IIoT	W5	17	2065
SO1	1	70	2118
SO2	1	71	2119
SO3	1	72	2120
SO4	1	73	2121
SO5	1	74	2122
SM1	W5	7	2055
SM2	W5	10	2058
SM3	W5	12	2060
SM4	W5	13	2061
SM5	W5	14	2062
Contador_Pallet	4	0	3584
Contador_Base	4	1	3585
Contador_Tapa1	4	2	3586
Ingreso número de piezas	4	1	4097
BANDA	W5	79	2127
T1	W5	1	1537
cil 1	W5	80	2128
cil 2	W5	81	2129
cil 3	W5	82	2130
cil 4	W5	83	2131
cil 5	W5	84	2132
LedInicio	1	75	2123
LedParo	1	76	2124

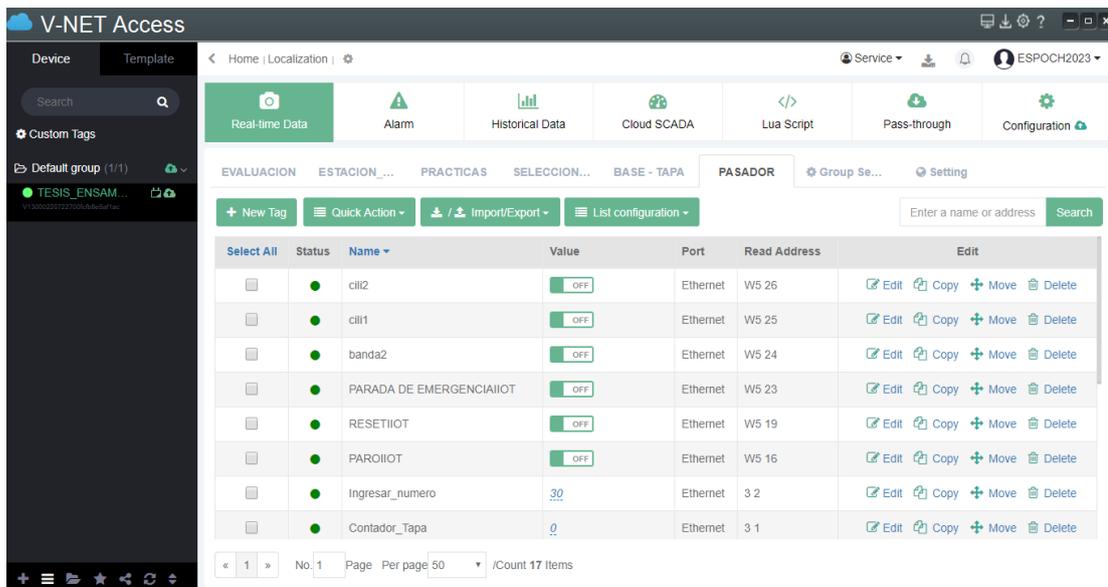
Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Figura 3-69 se puede visualizar la evidencia de los estados de las variables descritas en donde presenta una circunferencia de color verde al inicio de cada etiquétalo que indica que se encuentra la comunicación en línea.



**Figura 3-69:** Evidencia del estado de las variables del módulo de ensamblaje base-tapa  
 Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Mientras que en la Figura 3-70, se puede observar el estado de las variables, destacado en color verde para indicar que se encuentran en línea (online). Este proceso de registro asegura una comunicación efectiva entre los dispositivos y permite un monitoreo y control adecuado del sistema.



**Figura 3-70:** Estado de las variables del módulo de ensamblaje pasador  
 Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Tras haber finalizado el registro de las variables para el módulo de ensamblaje base-tapa, se procede con el registro de las variables correspondientes al PLC Schneider, el cual forma parte del módulo de ensamblaje pasador, estas variables se detallan en la Tabla 3-46 las direcciones de memoria requeridas, siendo estas las mismas para el protocolo de comunicación Modbus.

**Tabla 3-46:** Variables del PLC Schneider con sus respectivas direcciones Modbus para la plataforma V-Net

ETIQUETA	TIPO DE DATO	MEMORIA DEL PLC DELTA	DIRECCIÓN MODBUS
InicioIIoT	W5	15	15
ParoIIoT	W5	16	16
ResetIIoT	W5	19	19
Parada de emergenciaIIoT	W5	23	23
SO6	W5	4	4
SO7	W5	5	5
SO8	W5	7	7
SM6	W5	6	6
SM7	W5	8	8
Contador_Pasador	3	0	0
Ingresar_número	3	2	2
BANDA	W5	24	24
cil 1	W5	26	26
T1	W5	1	1
cil 2	W5	25	25
Luzinicio	W5	21	21
LuzParo	W5	20	20

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.10 Diseño del SCADA

En el diseño del SCADA el objetivo es poder realizar la visualización y monitorización del proceso a través de cualquier dispositivo conectado a internet. Es por ello que el diseño debe contar con ciertos parámetros basados en la norma ANSI/ISA 101.01. Los cuales garantizan que el usuario pueda manipular la interfaz de la forma óptima.

#### 3.10.1 Colores del HMI empelados en el SCADA, basado en la norma ANSI/ISA 101.01

Para desarrollar un diseño del sistema SCADA, es fundamental considerar el uso de colores adecuado para el HMI en base a la Figura 2-5, lo cual, facilitará la identificación de ciertas

descripciones por parte del usuario simplemente mediante la visualización de los colores aplicados, estos colores se encuentran detallados en la Tabla 3-47.

**Tabla 3-47:** Uso de colores para el HMI

CATEGORÍA	COLOR	DESCRIPCIÓN
Fondo		Usado para fondo de pantalla y fondos en cuadros de texto
Estado del equipo		Equipo en funcionamiento
		Equipo en paro de operación
		Reseteo en el equipo
Indicadores		Sensores y actuadores activos
		Sensores y actuadores inactivos
Alarmas		Indicador de error
		Indicador para información
		Indicador de detección de piezas
Otros		Textos y bordes de áreas

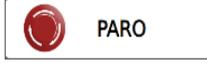
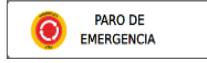
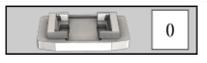
Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.10.2 Instrucciones y datos de entrada

Para lograr una supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), es fundamental contar con comandos y datos de entrada en la Interfaz Hombre-Maquina (HMI), estos comandos son enviados por el operador para interactuar con el sistema, mientras que los datos de entrada son la información que ingresa para configurar parámetros y acciones específicas, lo cual permite al operador monitorear el sistema, tomar decisiones y ajustes de parámetros para el funcionamiento óptimo.

En la Tabla 3-48 se presentan las características y animaciones que son utilizados en el sistema SCADA del presente proyecto. Las primeras cuatro animaciones corresponden a Bit Switch, el cual funciona como un botón para controlar el funcionamiento del sistema, mientras que las cinco animaciones siguientes corresponden a un “Display Frame”, las cuales leen y escriben un puerto “Word”. Por último, los dos elementos corresponden a la “función Switch”. Estas animaciones desempeñan un papel crucial en el diseño y funcionamiento del sistema SCADA.

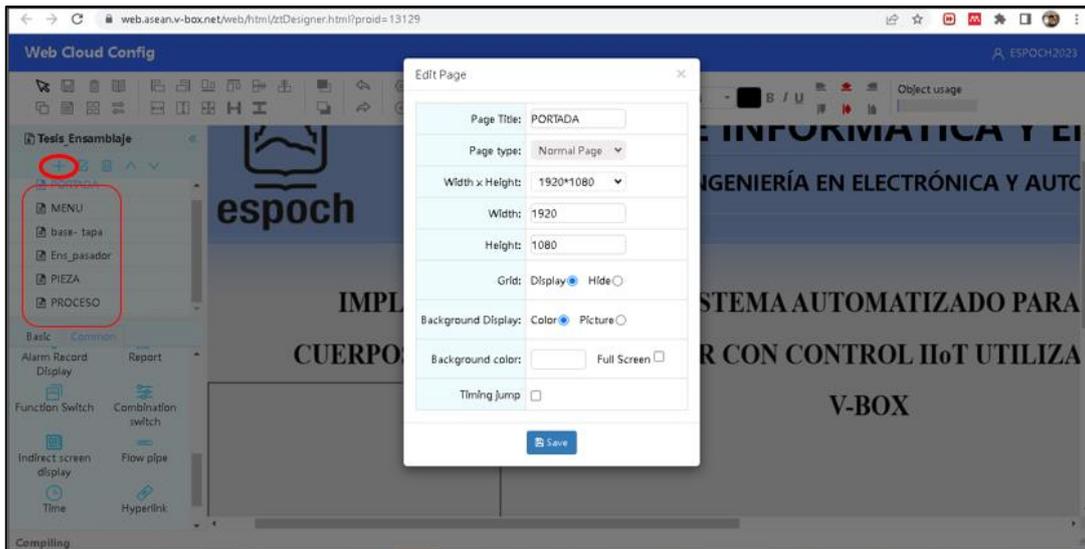
**Tabla 3-48:** Efectos visuales con sus características de funcionamiento en el sistema SCADA.

EFFECTOS VISUALES	DESCRIPCIÓN DEL PULSADOR	DETALLE
	Bit Switch	Al interactuar con el botón de Inicio, se genera un efecto de parpadeo.
	Bit Switch	Al interactuar con el botón de Paro, se genera un efecto de parpadeo.
	Bit Switch	Al interactuar con el botón Reset, se genera un efecto de parpadeo.
	Bit Switch	Al interactuar con el botón de Paro de Emergencia, se presenta la pregunta '¿Deseas vincular eventos?' y, al aceptarlo, se activa un efecto de parpadeo."
	Display Frame	Contador de pallet
	Display Frame	Contador de base
	Display Frame	Contador de tapa
	Display Frame	Contador de pasador
	Display Frame	Se ingresa el número de piezas
	Function Switch	Regresa de pagina
	Function Switch	Menú Principal

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.10.3 Creación de páginas para el desarrollo del Cloud-SCADA

En la creación de las páginas, la barra de herramientas del software V-Net desempeña un papel importante. En la Figura 3-71, se puede observar dos bordes, uno circular y otro rectangular, ambos de color rojo. El borde circular contiene un icono en forma de "+", que representa la opción de añadir una nueva página al sistema. Por otro lado, dentro del borde rectangular de color rojo, se encuentra cinco ventanas con los siguientes nombres: portada, menú principal, base-tapa, pasador, piezas y proceso. Las cinco primeras ventanas tienen un tamaño de 1360 de ancho x 768 de alto, mientras que la última ventana se configura con un ancho de 1920 y una altura de 1080, ya que abarcará todo el proceso.



**Figura 3-71:** Creación de ventanas del SCADA

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Para el desarrollo de la interfaz amigables con el operador, se necesita el uso de ciertas funciones proporcionadas por la plataforma Cloud- SCADA de V-Net, las funciones más utilizadas para este proyecto de detallan en la Tabla 3-49.

**Tabla 3-49:** Principales funciones utilizadas en el sistema SCADA para los módulos de ensamblaje.

SÍMBOLO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
 Bit Indicator	Indicador de bit	Visualiza los cambios de estado de los elementos, como sensores, actuadores, etc.
 Bit Switch	Interruptor de bit	Permite controlar el estado de los pulsadores de inicio, paro, reset y paro de emergencia.
 Picture	Imágenes	Permite agregar imágenes referentes el proyecto por parte del usuario.
 Text	Texto	Permite insertar y configurar el estilo del texto.
 Histogram	Histograma	Visualiza la distribución de los datos y detecta patrones o tendencias en ellos.
 Real-Time Trend Chart	Gráfica de tendencia en Tiempo- Real	Permiten a los usuarios identificar cambios y patrones rápidamente, lo que resulta valioso en entornos donde la velocidad y la precisión de la información son críticas.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Una vez que las páginas han sido creadas, se procede al diseño de la interfaz en cada una de ellas, teniendo en cuenta el uso de colores que menciona la Tabla 3-47.

### 3.10.3.1 Portada

Esta ventana, presenta información relevante sobre el proyecto, incluyendo un encabezado que muestra dos logotipos: uno perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y el otro a la Facultad de Informática y Electrónica. Entre estos logotipos, se encuentra el texto que identifica la Facultad y la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización. Además, se detallan aspectos importantes como el título del proyecto y los nombres de las personas que participaron en su desarrollo. También se incluye una imagen que representa los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador. En la ventana, se encuentra un botón que permite acceder a la página del menú principal. Todos estos elementos y detalles se pueden observar en la Figura 3-72.

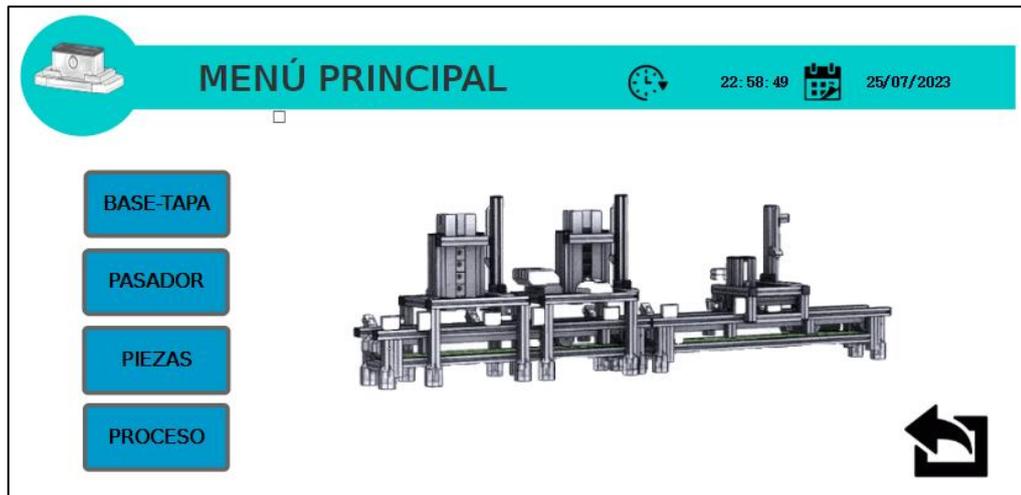


**Figura 3-72:** Portada de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.10.3.2 Menú Principal

En este panel, se presenta un encabezado con el título de “Menú Principal”, acompañado de la hora y la fecha. Además, posee cuatro funciones de cambio (Switch) que facilitan el acceso a las últimas cuatro páginas relacionadas con los módulos de ensamblaje. Asimismo, se incluye un botón para volver a la portada. Todos estos detalles pueden ser apreciados en la Figura 3-73.

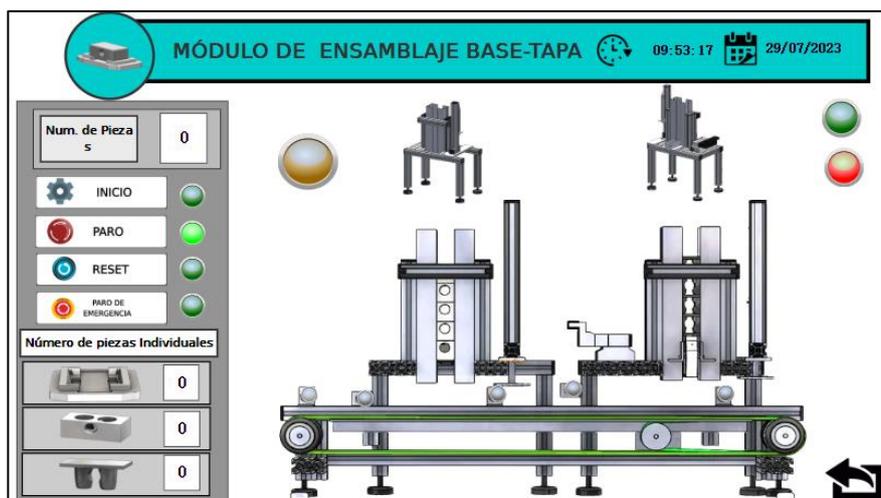


**Figura 3-73:** Menú Principal de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3.10.3.3 base-tapa

En esta página, se presenta un panel que contiene un encabezado que muestra el título, la fecha y hora actual, como se ilustra en la Figura 3-74. A la izquierda de la interfaz, se encuentra un cuadro con funciones específicas detalladas en la Tabla 3-49. El panel incluye una representación digital del módulo físico del ensamblaje base-tapa, con botones de control como Inicio, Paro, Reset y Parada de Emergencia. Además, se dispone de indicadores bit que muestran el estado del proceso, la cantidad de piezas ensambladas de forma numérica e identifica la presencia o ausencia de piezas en un área determinada, estas animaciones fueron extraídas de la Tabla 3-48. También es posible controlar el número de piezas para el ensamblaje. Asimismo, cuenta con una función de cambio (Switch) que permite regresar al menú principal.

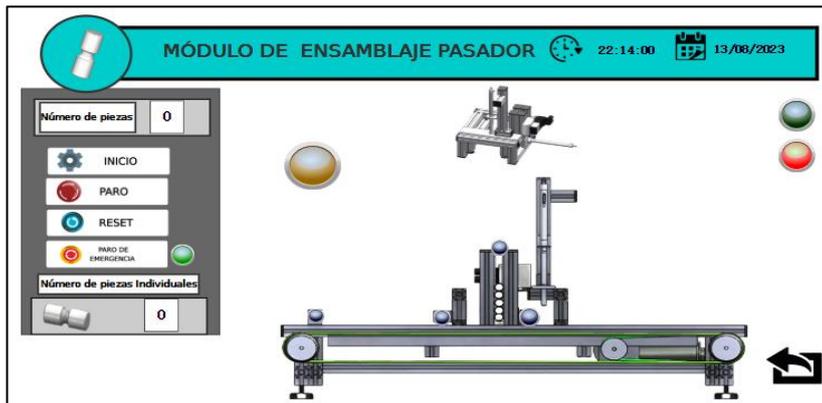


**Figura 3-74:** Menú del Módulo de ensamblaje base-tapa de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023

### 3.10.3.4 pasador

Esta Página, presenta un modelo digital del módulo de ensamblaje pasador. El panel de control se basa en una estructura similar al Módulo de ensamblaje base-tapa que se menciona en el apartado 3.10.3.3. Se encuentra ubicado los botones de control, como: Inicio, Paro, Reset y Paro de Emergencia, además cuenta con un registro numérico de los pasadores ensamblados, también se incluye un control para gestionar el ensamblaje de estos pasadores. Además, cuenta con un indicador bit que identifica la presencia o ausencia de piezas en un área determinada. Todos estos detalles se muestran en la Figura 3-75.



**Figura 3-75:** Menú del Módulo de ensamblaje pasador de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023

### 3.10.3.5 piezas

En esta página se desarrolla un panel con una interfaz que permite visualizar de manera individual el número de piezas detectadas a través de un histograma. Además, se muestra un gráfico de tendencia en tiempo real que permite identificar cambios de patrones de forma rápida.



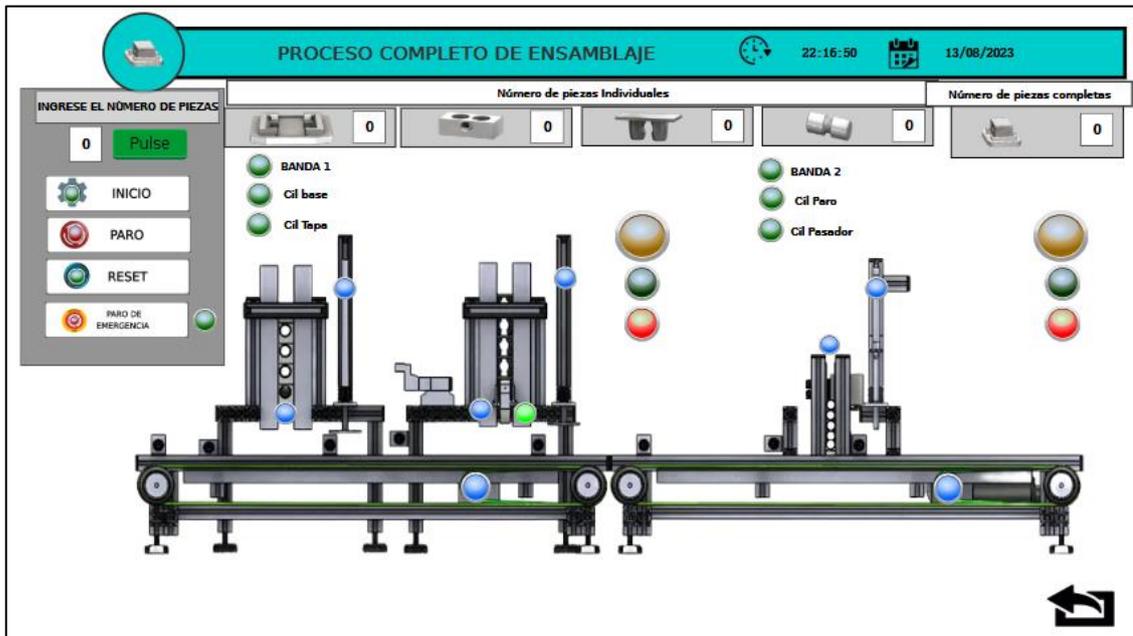
**Figura 3-76:** Gráficos de tendencia e histograma en tiempo real de los módulos de ensamblaje de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023

La interfaz cuenta con un encabezado que muestra el título "Gráficos de tendencia e histograma de los módulos de ensamblaje", la fecha y hora actuales. Todos estos elementos se pueden observar en la Figura 3-76.

### 3.10.3.6 Proceso

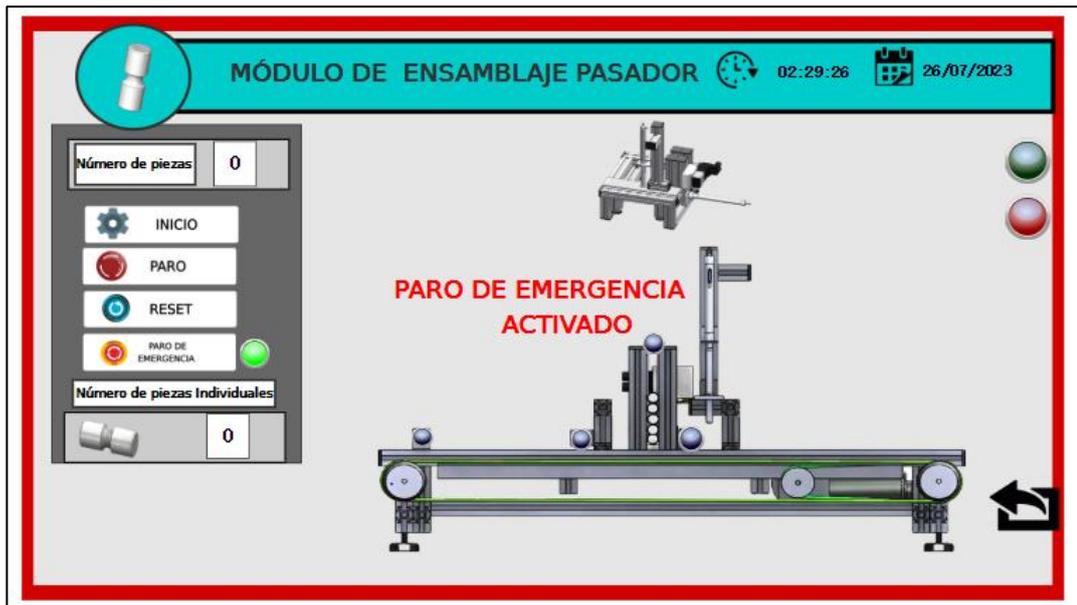
En la página de Proceso se presenta una representación digital de los dos módulos de ensamblaje, base-tapa y pasador. Al igual que las páginas anteriores, contiene un cuadro de control que permite al operador supervisar ambos Módulos de forma conjunta. Los indicadores muestran el estado de funcionamiento de los sensores, los actuadores y presencia de las piezas, mientras que los contadores numéricos reflejan la cantidad de piezas en todo el proceso de ensamblaje. Además, existe un control específico para gestionar las piezas que deben ser ensambladas. Para facilitar la navegación, se ha incluido un botón de regreso al menú principal. Todos estos detalles y funciones se encuentran representados en la Figura 3-77.



**Figura 3-77:** Proceso completo de los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador de la plataforma Cloud-SCADA de V-Net.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023

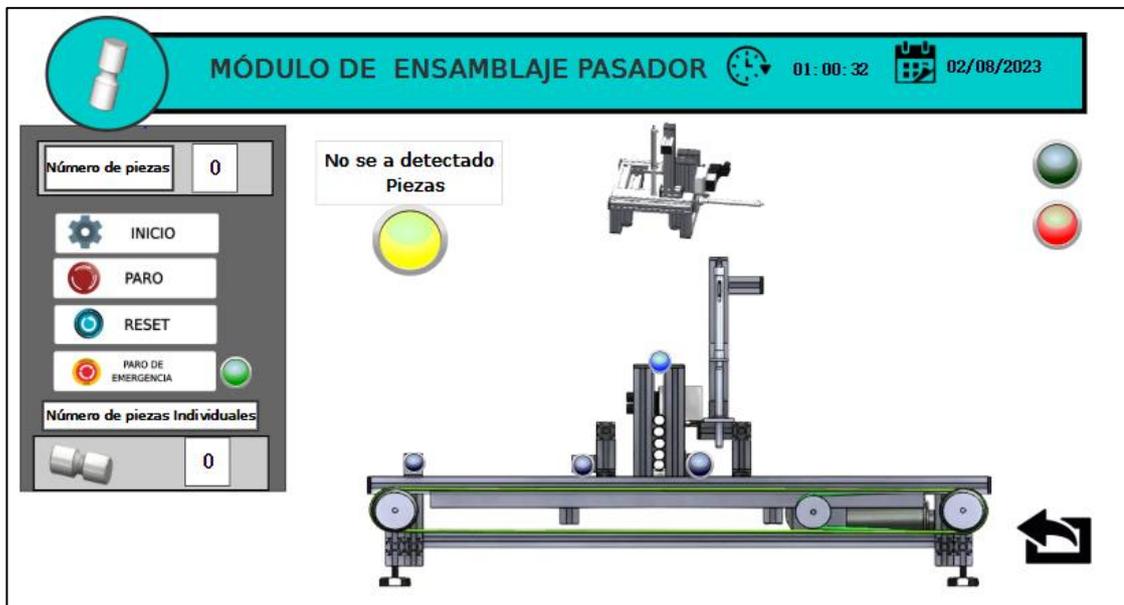
Como dato adicional, se ha incorporado en las páginas base-tapa, pasador y proceso un cuadro de color rojo transparente que contiene la leyenda "Paro de emergencia activado". Este cuadro se activa al presionar el botón de Paro de emergencia en el Cloud-SCADA o el botón de paro de emergencia manual, lo que indica que está activado debido a su accionamiento. Este detalle se puede observar en la Figura 3-78.



**Figura 3-78:** Alerta de activación del Paro de Emergencia en el Cloud-SCADA

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023

La Figura 3-79 presenta un ejemplo de alerta de detección de piezas en el módulo de ensamblaje pasador. Esta alerta se activa cuando el proceso no logra detectar una pieza en un lapso determinado, lo que provoca la detención del proceso y la iluminación de una luz amarilla para señalar la falta de detección. Para restaurar el funcionamiento adecuado, es necesario reiniciar los módulos y colocar las piezas para un ensamblaje correcto.



**Figura 3-79:** Alerta de detección de piezas

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El propósito de esta sección es validar el rendimiento óptimo del proyecto mediante diversas pruebas. Esto involucra pruebas de funcionamiento, conectividad y validación del sistema IIoT. Además, se realiza un análisis de los costos en cumplimiento de los requisitos preestablecidos.

#### 4.1 Metodología de las pruebas

El conjunto de pruebas abarca criterios fundamentales para validar y respaldar el proyecto, considerando aproximadamente 20 muestras de tiempos de ensamblaje, conectividad y piezas ensambladas.

La prueba de funcionamiento consistió en verificar la normalidad y repetibilidad, para ello se consideró la prueba de Shapiro-Wilk, tal como indica Sierra (2021, p. 2). Esta prueba con el pasar del tiempo se ha convertido en la prueba preferida para evaluar la normalidad debido a sus buenas propiedades de potencia (Mendes y Pala, 2003: pp. 135-139).

Para las pruebas de ensamblaje y conectividad se considera el método de repetibilidad, tal como lo señala Escamilla (et al. 2020: p. 4). Los resultados obtenidos pueden interpretarse de la siguiente manera: si el coeficiente de variación (CV) tiende a 0%, significa que existe poca variabilidad en los datos y que la muestra es compacta. Si el CV es mayor a 30%, indica que la media no es representativa y se cuestiona la validez del sistema de medición. Por otro lado, si el CV tiende a 100%, se trata de una muestra muy dispersa (Requena, 2016).

Para poder validar el sistema IIoT se realizó encuestas de satisfacción de tipo Likert que se utilizan para evaluar actitudes y opiniones mediante afirmaciones que los participantes califican en un espectro de acuerdo (Garzón y Mandakovic, 2010: p. 71), estas encuestas se aplicaron a los estudiantes de la FIE de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización.

Con el propósito de simplificar el análisis estadístico, se optó por utilizar una herramienta informática especializada, generalmente utilizada en investigaciones de ciencias sociales y aplicadas: el programa estadístico SPSS versión 29.0.1.

## 4.2 Reactivación de los módulos didácticos

Antes de llevar a cabo las pruebas mencionadas en el apartado 4 y en base a la evaluación del estado técnico de los dos módulos, como se detalla en los apartados 3.1.1 y 3.1.2, se determinó que los módulos de ensamblaje se encontraban en una condición inaceptable, como se puede apreciar en la Figura 4-1. Sin embargo, al implementar los requerimientos técnicos necesarios, se logró reactivar y repotenciar los módulos de ensamblaje, convirtiéndolos en un sistema didáctico con control IIoT. Estas mejoras pueden apreciarse en la Figura 4-2.



**Figura 4-1:** Módulo de ensamblaje base-tapa y pasador Antes.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.



**Figura 4-2:** Módulo de ensamblaje base-tapa y pasador, Después.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Con el propósito de garantizar su funcionamiento, el enfoque principal reside en la evaluación de la prueba de normalidad del sistema de ensamblaje en los módulos 1 y 2, así como en el módulo completo.

### 4.3 Prueba de funcionamiento de los módulos de ensamblaje

Se emplea el tiempo en segundos como variable para evaluar la normalidad del conjunto de datos obtenidos y validar tanto la regularidad como la repetición. Se realizó un análisis estadístico con el fin de garantizar la coherencia y previsibilidad del proceso, elementos esenciales que respaldan el sistema en su conjunto.

#### 4.3.1 Prueba de Normalidad por el método de Shapiro-Wilk.

El objetivo de esta prueba es evaluar la normalidad de un conjunto de muestras, calculando la correlación entre los datos y las puntuaciones normales de los datos. Para evaluar la normalidad, la cual permite una motorización y la eficiencia del proceso de producción, se procede a tomar 20 muestras de tiempo, lo cual es menor a 50, para esto se seleccionó el método de Shapiro-Wilk.

En relación con las Tablas 4-2, 4-4 y 4-6, conviene señalar que se ha empleado el **símbolo "X"** como indicativo para denotar si en los módulos detectaron la pieza y la celda se encontrara **“vacía”** si no se detectaron piezas correspondientes durante las 20 muestras examinadas.

##### 4.3.1.1 Prueba de ensamblaje del módulo base-tapa

En la Tabla 4-2, se muestran los valores que se obtuvo de cada prueba, con la finalidad de poder realizar un análisis estadístico referente a la normalidad del proceso de ensamblaje de la base y la tapa.

En la Tabla 4-1, se visualiza la prueba de normalidad que imprime el programa SPSS versión 29.0.1, es decir la confiabilidad, grados de libertad (número de datos) y la significancia.

**Tabla 4-1:** Prueba de Shapiro-Wilk del módulo de ensamblaje base-tapa.

ESTADÍSTICO	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICANCIA
0,979	20	0,922

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Como conclusión se tiene un valor de significancia de 0,922 que es mayor al 0,05, entonces se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta hipótesis nula, es decir los datos si tienen distribución normal.

**Tabla 4-2:** Muestra de tiempo de funcionamiento del módulo de ensamblaje base-tapa.

N° PRUEBA	ENSAMBLAJE IIoT		TIEMPO DE ENSAMBLAJE (seg)
	base	tapa	
1	X	X	11,06
2	X	X	10,85
3	X	X	11,2
4	X	X	10,82
5	X	X	11,11
6	X	X	11,67
7	X	X	11,02
8	X	X	10,62
9	X	X	11,39
10	X	X	10,36
11	X	X	10,46
12	X	X	10,27
13	X	X	10,84
14	X	X	11,19
15	X	X	11,14
16	X	X	11,17
17	X		10,68
18	X	X	11,37
19	X	X	11,47
20	X	X	10,92
<b>PIEZAS COMPLETAS ENSAMBLADAS</b>			<b>19</b>
<b>PIEZAS NO ENSAMBLADAS</b>			<b>1</b>
<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENSAMBLAJE (seg.)</b>			<b>10,98</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 4.3.1.2 Prueba de ensamblaje del módulo pasador

En la Tabla 4-4 se muestran los valores que se obtuvo de cada prueba, con la finalidad de poder realizar un análisis estadístico referente a la normalidad del proceso de ensamblaje del pasador.

En la Tabla 4-3 se visualiza la prueba de normalidad que imprime el programa SPSS versión 29.0.1, es decir la confiabilidad, grados de libertad (número de datos) y la significancia.

**Tabla 4-3:** Prueba de Shapiro Wilk del módulo de ensamblaje pasador.

ESTADÍSTICO	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICANCIA
0,931	20	0,158

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Como conclusión se tiene un valor de significancia de 0,158 que es mayor al 0,05, entonces se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta hipótesis nula, es decir los datos si tienen distribución normal.

**Tabla 4-4:** Muestra de tiempo de funcionamiento del módulo de ensamblaje pasador.

N° PRUEBA	PASADOR	TIEMPO DE ENSAMBLAJE (seg)
1	X	8,6
2	X	7,81
3	X	8,21
4	X	8,05
5	X	8,06
6	X	8,75
7	X	8,51
8	X	7,8
9	X	8,27
10		8,11
11	X	7,99
12	X	8,13
13	X	8,19
14	X	8,05
15	X	8,48
16	X	7,99
17	X	8,47
18	X	7,97
19	X	7,87
20	X	8,07
<b>PIEZAS COMPLETAS ENSAMBLADAS</b>		<b>19</b>
<b>PIEZAS NO ENSAMBLADAS</b>		<b>1</b>
<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENSAMBLAJE (seg)</b>		<b>8,169</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 4.3.1.3 Prueba de ensamblaje completo

En la Tabla 4-6 se muestran los valores que se obtuvo de cada prueba, con la finalidad de poder realizar un análisis estadístico referente a la normalidad del proceso de ensamblaje completo.

En la Tabla 4-5 se visualiza la prueba de normalidad que imprime el programa SPSS versión 29.1.0, es decir la confiabilidad, grados de libertad (número de datos) y la significancia.

**Tabla 4-5:** Prueba de Shapiro Wilk del módulo de los dos módulos.

ESTADÍSTICO	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICANCIA
0,934	20	0,181

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Como conclusión se tiene un valor de significancia de 0,181 que es mayor al 0,05, entonces se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta hipótesis nula, es decir los datos si tienen distribución normal.

**Tabla 4-6:** Muestra de tiempo de funcionamiento de los dos módulos.

N° PRUEBA	ENSAMBLAJE			TIEMPO DE ENSAMBLAJE (seg)
	base	tapa	pasador	
1	X	X	X	18,57
2	X	X	X	18,91
3	X	X	X	18,74
4	X	X	X	19,20
5	X	X	X	18,35
6	X	X	X	18,59
7	X	X	X	18,63
8	X	X	X	18,86
9	X	X		18,20
10	X	X	X	18,89
11	X	X	X	18,84
12	X	X	X	18,92
13	X			18,20
14	X	X	X	18,90
15	X	X	X	18,60
16	X	X		18,37
17	X	X	X	18,20
18	X	X	X	18,10
19	X	X	X	18,71
20	X	X	X	18,86
<b>PIEZAS COMPLETAS ENSAMBLADAS</b>				<b>17</b>
<b>PIEZAS NO ENSAMBLADAS</b>				<b>3</b>
<b>TIEMPO PROMEDIO DE ENSAMBLAJE (seg)</b>				<b>18,441</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-7 se visualiza la prueba de normalidad que imprime el programa SPSS versión 29.0.1, es decir la confiabilidad, grados de libertad (número de datos) y la significancia.

**Tabla 4-7:** Prueba de Shapiro Wilk del módulo de los dos módulos.

ESTADÍSTICO	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICANCIA
0,934	20	0,181

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Como conclusión se tiene un valor de significancia de 0,181 que es mayor al 0,05, entonces se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta hipótesis nula, es decir los datos si tienen distribución normal.

La Tabla 4-8 detalla un resumen de las pruebas de normalidad que se presentan en los módulos de ensamblaje.

**Tabla 4-8:** Resumen de normalidad de cada módulo.

PROCESO	ESTADÍSTICO	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICANCIA
Módulo 1	0,979	20	0,922
Módulo 2	0,931	20	0,158
Módulo completo	0,934	20	0,181

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Dado que la muestra es menor a 50, según el estadístico de Shapiro-Wilk, la probabilidad de todos los módulos es mayor al nivel de significancia, concluyendo que los datos siguen una distribución normal.

#### 4.3.2 Pruebas de repetibilidad de los módulos de ensamblaje

El objetivo de la prueba es medir la abundancia de los resultados al realizar el mismo proceso en condiciones similares al ser ensamblados de forma individual y de forma grupal de cada módulo. Al elegir esta prueba, el objetivo es asegurar que el sistema pueda generar resultados coherentes y predecibles a lo largo del tiempo. Para evaluar la repetibilidad del proceso, se emplea el coeficiente de variación (CV) como herramienta estadística. El CV cuantifica la relación del proceso en forma de porcentaje, permitiendo medir la consistencia y precisión de los resultados.

##### 4.3.2.1 Pruebas de repetibilidad del módulo de ensamblaje base-tapa

Basado en la Tabla 4-2, se determinó que el 95% de las muestras se ensamblaron correctamente, mientras que 5% presentan resultados insatisfactorios. El objetivo de la prueba de repetibilidad es evaluar y analizar la variabilidad de piezas ensambladas de manera que se garantice un rendimiento consistente y predecible. Se obtiene los valores que se indican en la Tabla 4-9. El coeficiente de variación es de 11.47%, se ubica en el rango aceptable de 0% al 30%. Esto sugiere que las muestras son consistentes y exhiben una variabilidad de datos limitada, lo que respalda la estabilidad del módulo de ensamblaje base-tapa.

**Tabla 4-9:** Prueba de CV para validar la repetibilidad del módulo de ensamblaje base-tapa.

<b>PIEZAS COMPLETAS ENSAMBLADAS</b>	19
<b>PIEZAS NO ENSAMBLADAS</b>	1
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>	0,224
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	11,47%

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

##### 4.3.2.2 Pruebas de repetibilidad del módulo de ensamblaje pasador

Según la Tabla 4-4, se observa que el 95% de los ensamblajes del pasador son correctos, mientras que el 5% represente ensamblajes no satisfactorios. El objetivo de la prueba de repetibilidad es evaluar y analizar la variabilidad de piezas ensambladas de manera que se garantice un rendimiento consistente y predecible. Se obtiene los valores que indica la Tabla 4-10. Al analizar los datos, se concluye que el coeficiente de variación del 23.54 % es menor al 30 %, lo que indica poca variabilidad y consistencia en los datos. Por lo tanto, se considera que el módulo de ensamblaje del pasador es estable y válido.

**Tabla 4-10:** Prueba de CV para validar la repetibilidad del módulo de ensamblaje pasador.

<b>PIEZAS COMPLETAS ENSAMBLADAS</b>	19
<b>PIEZAS NO ENSAMBLADAS</b>	1
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>	0,224
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	23,54%

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 4.3.2.3 Pruebas de repetibilidad del módulo de ensamblaje base-tapa y pasador

De un total de 20 muestras, el 85% de ensamblaje exitoso y un 15% de ensamblaje insatisfactorio. El objetivo de la prueba de repetibilidad es evaluar y analizar la variabilidad de piezas ensambladas de manera que se garantice un rendimiento consistente y predecible. De la Tabla 4-11 Se obtiene un coeficiente de variación, cuyo valor de 18,68%, el cual se encuentra dentro del rango de 0 % al 30 %, se concluye que las muestras son consistentes y presentan poca variabilidad, lo que indica datos estables. De esta manera, se valida tanto el módulo de ensamblaje correspondiente a la base-tapa como el módulo del pasador.

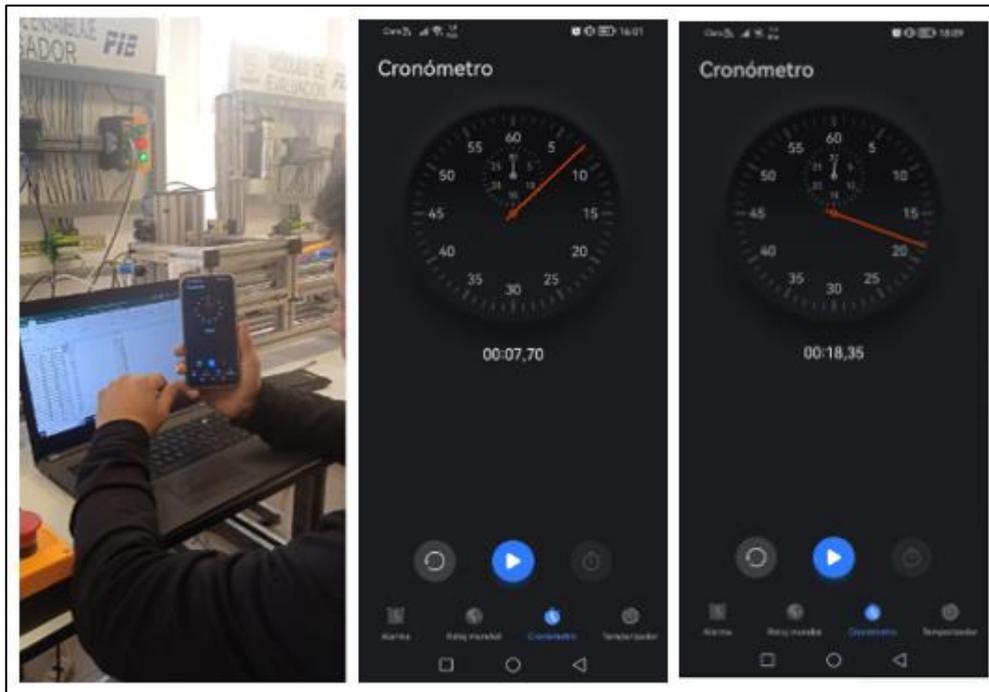
**Tabla 4-11:** Prueba de CV para validar la repetibilidad de los dos módulos de ensamblajes.

<b>PIEZAS COMPLETAS ENSAMBLADAS</b>	17
<b>PIEZAS NO ENSAMBLADAS</b>	3
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>	0,523
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	18,68%

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

Después de completar las pruebas de normalidad y repetibilidad, se concluye que los módulos cumplen con el requisito de un funcionamiento adecuado. En la Figura 4-3 se muestra evidencia de la toma de muestras de tiempos de ensamblaje y de piezas ensambladas tanto en los módulos completo como individuales, mediante la ayuda de un cronómetro de un teléfono móvil.

Basándose en los tiempos de ensamblaje manual, que oscilan entre 16 y 20 segundos, la velocidad de producción de forma manual se ve influenciada por la cantidad de piezas a ensamblar. Además, considerando una banda transportadora de aproximadamente 2 metros de longitud, el valor de la velocidad varía entre 0.1 m/s y 0.125 m/s.



**Figura 4-3:** Evidencia de toma de muestras de los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

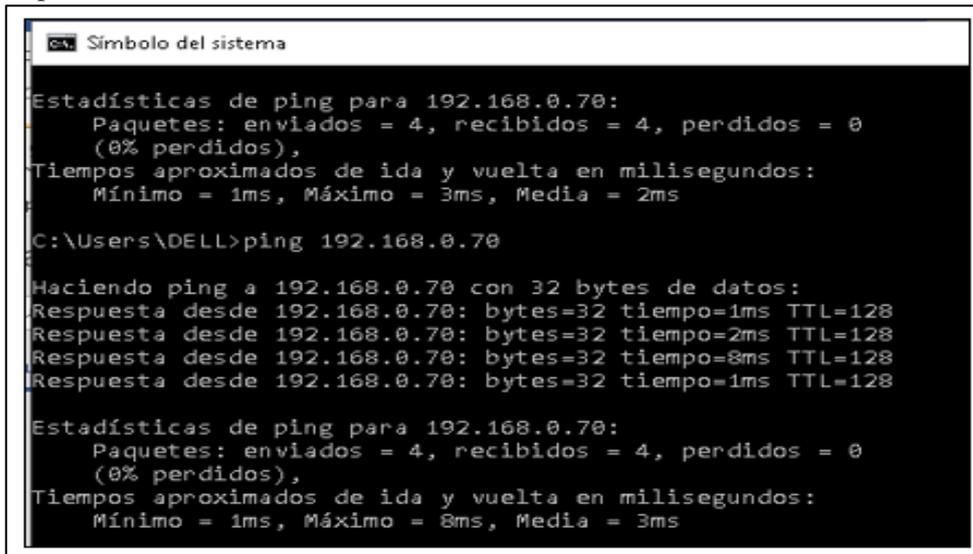
Una vez que el proceso se normaliza, el objetivo es calcular la velocidad de ensamblaje, utilizando la fórmula de física de la velocidad, en donde el tiempo promedio de ensamblaje del conjunto es de 18,441s, y la longitud es de 2 m dando un resultado de una velocidad de 0.11 m/s. En conclusión, la velocidad se encuentra dentro del rango de 0,1 y 0,125 m/s, lo que respalda que el tiempo determinado permite la estabilidad del módulo de ensamblaje base-tapa y pasador.

#### 4.4 Conectividad de red

En el control de procesos industriales, se recomienda una latencia muy baja, generalmente  $< 10$  milisegundos (ms), para asegurar respuestas rápidas y operación segura en tiempo real (Junjie et al, 2022). En este contexto, se llevaron a cabo pruebas de conectividad para evaluar la eficiencia y validar los procesos de ensamblaje bajo el control del IIoT. Estas evaluaciones involucraron la comunicación entre la PC, los controladores de las marcas Delta y Schneider, y la pasarela. Para garantizar la confiabilidad de las pruebas de conectividad, se aplicó el mismo enfoque metodológico utilizado previamente en las pruebas de funcionamiento.

#### 4.4.1 Pruebas de conectividad PC- PLC Delta

En la Figura 4-4, se observa la plataforma de símbolo del sistema que viene incorporada en sistema operativo de Windows x64 con el propósito principal de evaluar de la comunicación entre la PC y el PLC Delta. El procedimiento implica la recolección de 20 muestras, donde el comando 'ping' desempeña un papel crucial al proporcionar los datos necesarios para llevar a cabo la prueba de repetibilidad, se emplea la dirección IP configurada en la sección 3.9.1 para analizar los respectivos resultados obtenidos.



```
C:\Users\DELL>ping 192.168.0.70

Estadísticas de ping para 192.168.0.70:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms

C:\Users\DELL>ping 192.168.0.70

Haciendo ping a 192.168.0.70 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.70: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.70: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.70: bytes=32 tiempo=8ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.70: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.70:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 8ms, Media = 3ms
```

**Figura 4-4:** Evidencia de la prueba de conectividad del controlador Delta

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

La Tabla 4-12 se presenta los resultados de las 20 pruebas de tiempos de respuesta obtenidos a través del comando del símbolo del sistema (CMD) y también los datos obtenidos de la prueba de repetibilidad, en conclusión, se tiene un coeficiente de variación del 20,8% el cual cae dentro del rango del 0% al 30%, por lo cual se confirma la estabilidad y la consistencia de los datos en las muestras. Esto valida la conexión entre la PC y el PLC Delta.

**Tabla 4-12:** Prueba de conectividad del controlador Delta.

N°	IP ORIGEN	IP DESTINO	PAQUETES RECIBIDOS	TIEMPO TOTAL COMUNICACIÓN (ms)
1	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
2	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
3	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
4	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
5	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
6	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
7	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
8	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
9	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
10	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
11	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
12	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
13	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
14	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
15	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
16	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
17	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
18	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
19	192.168.0.20	192.168.0.70	4	2
20	192.168.0.20	192.168.0.70	4	3
<b>PROMEDIO (ms)</b>				<b>2,45</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>				<b>0,51</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>				<b>20,8%</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 4.4.2 Pruebas de conectividad PC- PLC Schneider

En la Figura 4-5 se presenta evidencia de la toma de muestras. Se emplea la dirección IP configurada en la sección 3.9.1. En la Tabla 4-13 se presenta los resultados de las 20 pruebas de tiempos de respuesta a través del comando del símbolo del sistema (CMD) y los datos obtenidos para la prueba de repetibilidad. El objetivo principal es evaluar la eficiencia de la comunicación entre la PC y el PLC Delta, mediante la prueba de repetibilidad, en conclusión, se tiene un coeficiente de variación del 29% el cual se encuentra dentro del rango del 0% al 30%, el cual confirma la estabilidad y la consistencia de los datos obtenidos por la comunicación, validado así la conexión entre la PC y el PLC Schneider.

```

Haciendo ping a 192.168.0.60 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.60: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.60: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.60: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.60: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.60:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 5ms, Media = 3ms

C:\Users\KEVIN>ping 192.168.0.60

Haciendo ping a 192.168.0.60 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.60: bytes=32 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.60: bytes=32 tiempo=8ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.60: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.60: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.60:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 3ms, Máximo = 8ms, Media = 5ms

```

**Figura 4-5:** Evidencia de la prueba de conectividad del controlador Schneider.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 4-13:** Prueba de conectividad del controlador Schneider.

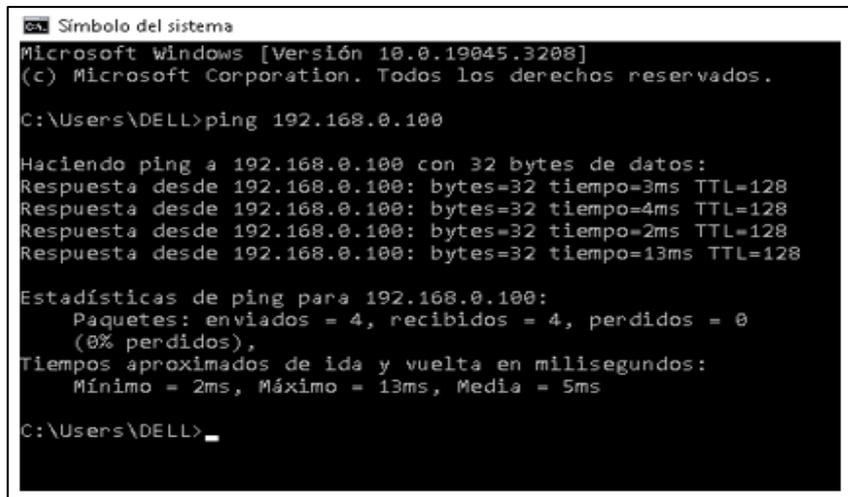
Nº	IP ORIGEN	IP DESTINO	PAQUETES RECIBIDOS	TIEMPO TOTAL COMUNICACIÓN (ms)
1	192.168.0.20	192.168.0.60	4	5
2	192.168.0.20	192.168.0.60	4	5
3	192.168.0.20	192.168.0.60	4	5
4	192.168.0.20	192.168.0.60	4	6
5	192.168.0.20	192.168.0.60	4	8
6	192.168.0.20	192.168.0.60	4	4
7	192.168.0.20	192.168.0.60	4	6
8	192.168.0.20	192.168.0.60	4	5
9	192.168.0.20	192.168.0.60	4	6
10	192.168.0.20	192.168.0.60	4	7
11	192.168.0.20	192.168.0.60	4	9
12	192.168.0.20	192.168.0.60	4	3
13	192.168.0.20	192.168.0.60	4	5
14	192.168.0.20	192.168.0.60	4	5
15	192.168.0.20	192.168.0.60	4	7
16	192.168.0.20	192.168.0.60	4	3
17	192.168.0.20	192.168.0.60	4	6
18	192.168.0.20	192.168.0.60	4	8
19	192.168.0.20	192.168.0.60	4	5
20	192.168.0.20	192.168.0.60	4	4
<b>PROMEDIO (ms)</b>				<b>5,6</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>				<b>1,603</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>				<b>29%</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 4.4.3 Pruebas de conectividad PC – PASARELA

La Figura 4-6 proporciona una evidencia de la toma de muestras desde el PC hacia la Pasarela WECON V-BOX. El objetivo principal es evaluar la eficiencia de la comunicación entre la PC y la pasarela WECON V-BOX.

El procedimiento implica la recolección de 20 muestras, para llevar a cabo la prueba de repetibilidad, se emplea la dirección IP configurada en la sección 3.9.1. En la Tabla 4-14 muestra los tiempos de respuesta desde la PC hacia la pasarela y los datos para la prueba de repetibilidad, en conclusión, se tiene un coeficiente de variación de valor del 13 % que se encuentra dentro del rango del 0 % al 30 %, teniendo así datos estables y poca variación en las muestras, lo que valida la conexión entre el PC de origen y la Pasarela WECON V-BOX de destino mediante la prueba de repetibilidad.



```
ca Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.19045.3208]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\DELL>ping 192.168.0.100

Haciendo ping a 192.168.0.100 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=13ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.100:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 13ms, Media = 5ms

C:\Users\DELL>
```

**Figura 4-6:** Prueba de conectividad hacia la pasarela WECON V-BOX.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**Tabla 4-14:** Prueba de conectividad de la Pasarela WECON V-BOX.

N°	IP ORIGEN	IP DESTINO	PAQUETES RECIBIDOS	TIEMPO TOTAL COMUNICACIÓN (ms)
1	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
2	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
3	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
4	192.168.0.20	192.168.0.100	6	6
5	192.168.0.20	192.168.0.100	6	6
6	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
7	192.168.0.20	192.168.0.100	6	6
8	192.168.0.20	192.168.0.100	6	6
9	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
10	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
11	192.168.0.20	192.168.0.100	6	6
12	192.168.0.20	192.168.0.100	7	7
13	192.168.0.20	192.168.0.100	6	6
14	192.168.0.20	192.168.0.100	7	7
15	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
16	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
17	192.168.0.20	192.168.0.100	7	7
18	192.168.0.20	192.168.0.100	6	6
19	192.168.0.20	192.168.0.100	5	5
20	192.168.0.20	192.168.0.100	6	6
<b>PROMEDIO (ms)</b>				<b>5,7</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>				<b>0,733</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>				<b>13%</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En conclusión, los promedios de conectividad son de 2,45, 5,6 y 5,7 y se encuentran oscilando en un valor menor a los 10 ms, lo cual según Junjie (et al, 2022) nos indica una latencia muy baja, para asegurar respuestas rápidas y operación segura en tiempo real.

#### 4.5 Prueba de validación para el sistema IIoT.

El objetivo es analizar y validar el sistema por medio de encuestas de satisfacción tipo Likert, Consiste en realizar una encuesta a un grupo de estudiantes de niveles superiores de la carrera de Electrónica y Automatización de la FIE-ESPOCH. Esta encuesta se realizó antes de llevar a cabo las prácticas, y después de su realización, se puede observar la encuesta relacionada en el Anexo E, y los detalles de las dos prácticas aplicadas se pueden consultar en el Anexo F.

En base a la información que se menciona en la Tabla 4-15, se considera una certeza de 95% cuyo valor de nivel de confianza (Z) es de 1,96 y un margen de error (E) del 5% con un valor de 0,05.

**Tabla 4-15:** Valores de certeza de muestra por niveles de confianza.

CERTEZA	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62,27%	50%
Z	1,96	1,88	1,81	1,75	1,69	1,65	1,28	1	0,6745
e	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,2	0,37	0,5

Fuente: Rodríguez, 2008.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Para poder emplear el número de personas encuestadas se optó por calcular el tamaño de muestras que se deben tomar.

En donde la fórmula para el cálculo de tamaño de muestras se puede visualizar en la Figura 4-7.

$$\text{Tamaño de muestra}(n) = \frac{[Z^2 * p * (1 - p)]}{E^2}$$

**Figura 4-7:** Fórmula para determinar el tamaño de muestras

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Donde:

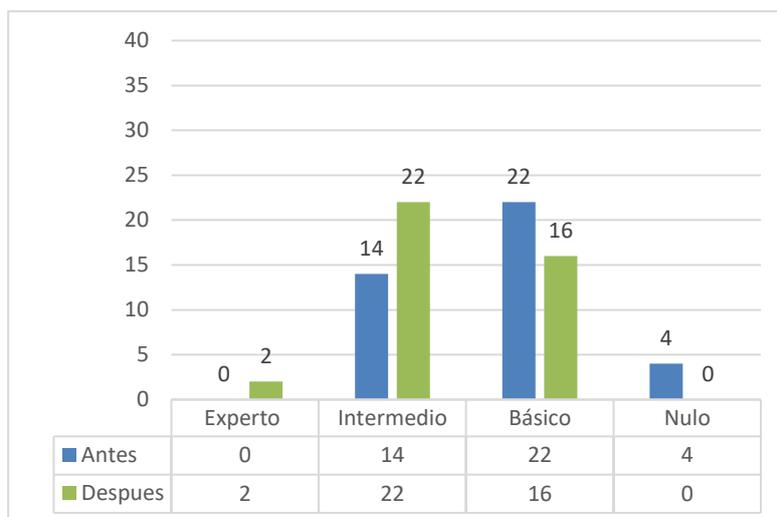
- **Z** es el nivel de confianza.
- **p** es la estimación de la proporción poblacional, donde se estima por una revisión inicial en este caso se conoce el 50% de los estudiantes de 7°, 8° y 9°semestres tienen un conocimiento básico acerca de IIoT.
- **E** es el margen de error que se tiene.

Aplicando la formula, se obtiene un resultado de 38,42, es decir es necesario una muestra de aproximadamente 38 persona encuestadas en donde tendrá un porcentaje de confianza del 95%, para mejorar las recopilaciones datos, se han incluido 2 personas para encuestar, dando un resultado de 40 personas encuestadas, esta encuesta se divide en 6 preguntas que son:

**1) ¿Cuál es el nivel de conocimiento sobre la implementación y manipulación de dispositivos IIoT?**

En la Figura 4-8, se muestra un gráfico de barras que representa la comparación entre los resultados antes y después de la práctica, basado en muestras de 40 estudiantes encuestados. El gráfico permite visualizar de manera clara los cambios observados después de la intervención. Antes de la práctica, el 55% de los estudiantes se encontraba en el nivel básico, el 35% en el nivel intermedio, el 10% en el nivel nulo y ninguno en el nivel experto. Después de la práctica, los resultados muestran una mejora significativa, se observa una mayoría en el nivel intermedio del

55%, seguido del nivel básico del 40%, mientras que el nivel nulo tiene un valor 0% y experto tienen el mismo porcentaje del 5%.



**Figura 4-8:** Gráfico de resultados de la primera pregunta.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-16, se muestra un coeficiente de variación antes de la intervención con un valor de 0,993, mientras que después de la intervención, este valor aumentó a 1,07, lo que representa una diferencia del 8%. En conclusión, el resultado se encuentra dentro del rango del 0% al 30%, lo que indicando que los datos presentan una variabilidad relativamente baja y datos estables, la cual tuvo una intervención positiva en los resultados, ya que se observa una disminución en el nivel nulo y un aumento en el nivel básico e intermedio.

**Tabla 4-16:** Comparación de resultados antes y después de la pregunta 1.

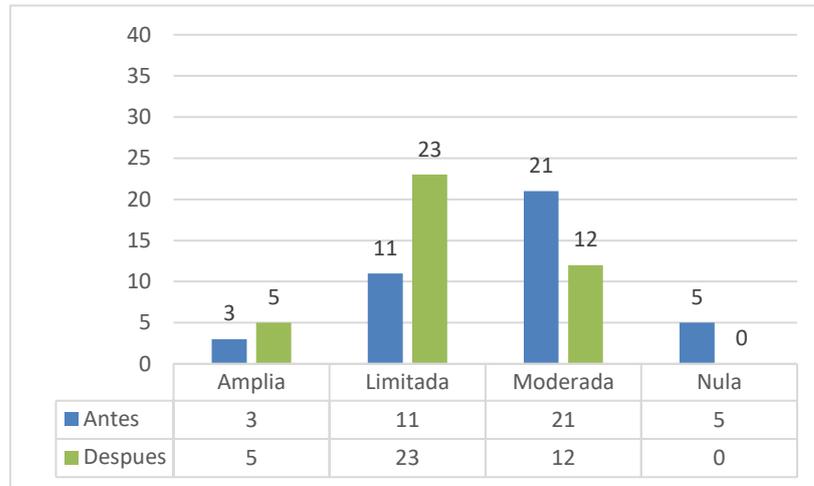
NIVEL	ANTES DE LA PRACTICA	DESPUÉS DE LA PRACTICA
Experto	0	2
Intermedio	14	22
Básico	22	16
Nulo	4	0
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>9,933</b>	<b>10,708</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>0,993</b>	<b>1,07</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

## 2) ¿Qué experiencia tiene sobre la eficiencia y el uso de la pasarela de comunicación WECON V-BOX para transmitir datos hacia la nube?

En la Figura 4-9, Se presenta un gráfico de barras que compara los resultados antes y después de la práctica. Antes de la intervención, el 52.5% de los estudiantes tenía experiencia moderada, el 27.5% tenía experiencia limitada, el 12.5% no tenía experiencia y el 7.5% tenía experiencia amplia. Después de la práctica, hubo una mejora significativa con una mayoría del 57.5% en experiencia limitada, seguido del 40% en experiencia moderada, mientras que la experiencia

amplia disminuyó al 12.5% y la experiencia nula se eliminó. En resumen, la intervención tuvo un impacto positivo, con una disminución en la experiencia nula y un aumento en la experiencia amplia y limitada.



**Figura 4-9:** Gráfico de resultados de la segunda pregunta.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-17, indica un coeficiente de variación antes de la intervención fue de 0,81, y después de la intervención aumentó a 1,00, lo que representa un incremento del 19%. En conclusión, este valor se encuentra dentro del rango del 0% al 30%, lo que indica que los datos presentan una variabilidad relativamente baja y datos homogéneos. La cual indica una intervención positiva en los resultados, ya que se observa una disminución en el nivel nulo y un aumento en el nivel moderada y limitada.

**Tabla 4-17:** Comparación de resultados antes y después de la pregunta 2.

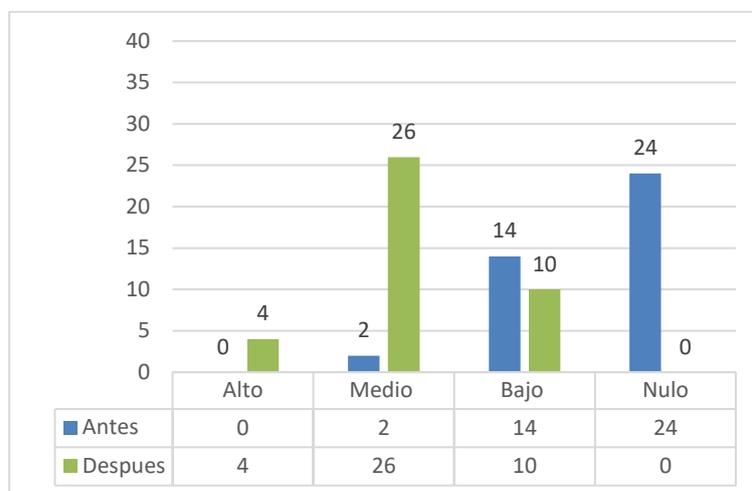
NIVEL	ANTES DE LA PRACTICA	DESPUÉS DE LA PRACTICA
Amplia	3	5
Limitada	11	23
Moderada	21	12
Nula	5	0
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>8,083</b>	<b>9,967</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>0,81</b>	<b>1,00</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

### 3) ¿Cuál es el nivel de conocimiento que posee acerca de la plataforma V-NET para desarrollar HMI (Interfaces Hombre-Máquina) en la nube?

En la Figura 4-10, se presenta un gráfico de barras que muestra la comparación entre los resultados antes y después de la intervención. Antes de la práctica, el 60% de los estudiantes tenían un nivel nulo, el 35% un nivel bajo, el 5% un nivel medio y ninguno tenía un nivel alto. Después de la práctica, se observa una mejora significativa, con el 65% en un nivel medio, el 25% en un nivel

bajo y el 10% en un nivel alto, eliminándose el nivel nulo. En resumen, la intervención tuvo un impacto positivo, con una disminución en el nivel nulo y un aumento en los niveles medio, bajo y alto.



**Figura 4-10:** Gráfico de resultados de la tercera pregunta.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-18, se observa un coeficiente de variación antes de la intervención fue de 1,12, y después de la intervención aumentó a 1,14, lo que representa un incremento del 2%. En conclusión, el valor se encuentra cercano a 0% lo que indica que los datos presentan baja variabilidad y alta homogeneidad, lo que indica que la intervención tuvo un impacto positivo en los resultados, ya que se observa una disminución en el nivel nulo y un aumento en el nivel bajo y medio

**Tabla 4-18:** Comparación de resultados antes y después de la pregunta 3.

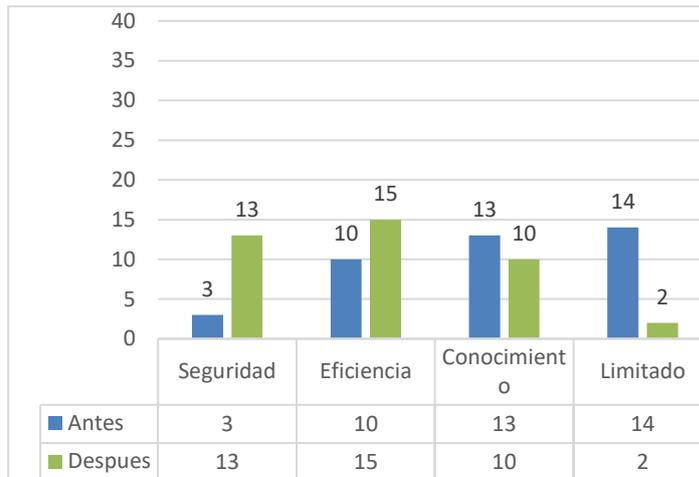
NIVEL	ANTES DE LA PRACTICA	DESPUÉS DE LA PRACTICA
Alto	0	4
Medio	2	26
Bajo	14	10
Ninguno	24	0
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>11,195</b>	<b>11,431</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>1,12</b>	<b>1,14</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

#### 4) ¿Qué aspecto considera más relevante o significativo al exportar datos de PLCs hacia la nube V-NET?

En la Figura 4-11, se presenta un gráfico de barras que ilustra la comparación entre los resultados antes y después de la intervención. Antes de la práctica, el 35% de los estudiantes tenía una percepción limitada, el 32,5% consideraba el aspecto del conocimiento, el 25% se enfocaba en la eficiencia y el 7,5% en la seguridad. Después de la práctica, se observa una mejora significativa,

con un 37,5% de los estudiantes mostrando eficiencia, un 32,5% enfocado en la seguridad y un 5% manteniendo una percepción limitada. En resumen, la intervención tuvo un impacto positivo.



**Figura 4-11:** Gráfico de resultados de la cuarta pregunta.

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-19, se evidencia un coeficiente de variación de 0,50 previo a la intervención, mientras que después de la misma, aumentó a 0,57, reflejando un incremento del 7%. En conclusión, se tiene un valor cercano a 0% lo que indica que los datos poseen baja variabilidad y alta homogeneidad. Dándonos a entender que, la intervención tuvo un impacto positivo en los resultados, ya que se observa una disminución en el nivel limitado y un aumento en el nivel de eficiencia y seguridad.

**Tabla 4-19:** Comparación de resultados antes y después de la pregunta 4.

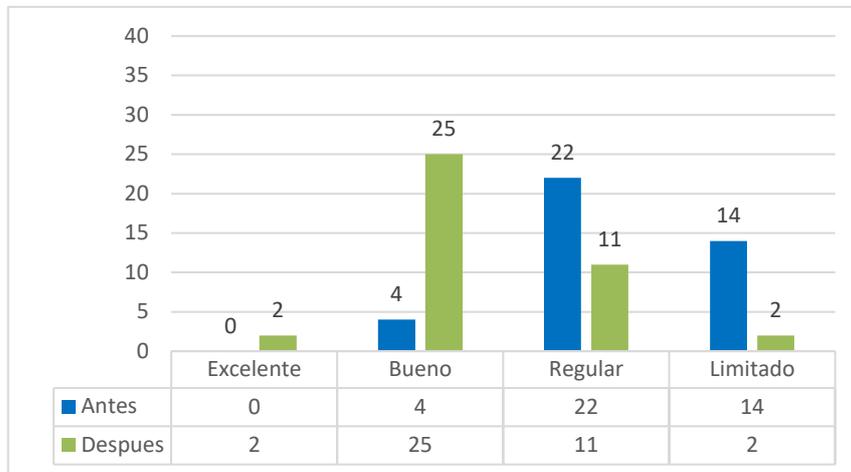
NIVEL	ANTES DE LA PRACTICA	DESPUÉS DE LA PRACTICA
Seguridad	3	13
Eficiencia	10	15
Conocimiento	13	10
Limitado	14	2
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>4,967</b>	<b>5,715</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>0,50</b>	<b>0,57</b>

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

### 5) ¿Cómo evalúa su nivel de preparación para manipular los módulos de ensamblaje base-tapa y pasador con control IIoT?

En la Figura 4-12, se exhibe un gráfico de barras que muestra la comparación entre los resultados antes y después de la intervención. Previo a la práctica, el 55% de los estudiantes se encontraba en un nivel regular, el 40% en un nivel limitado, el 5% en un nivel bueno y el 0% en un nivel excelente. Posterior a la práctica, se observa una mejora significativa, con un 62,5% de estudiantes alcanzando un nivel bueno, un 22,5% manteniendo un nivel regular, un 10% logrando un nivel

excelente y un 5% permaniendo en un nivel limitado. En conclusión, la intervención tuvo un impacto positivo al mejorar los niveles de preparación de los estudiantes para la manipulación de los módulos de ensamblaje.



**Figura 4-12:** Gráfico de resultados de la quinta pregunta.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-20, se muestra un coeficiente de variación de 1,07 antes de la intervención, mientras que después de esta, aumentó a 1,04, lo que representa una diferencia del 3%. En concluido este valor cercano al 0% indica que los datos presentan baja variabilidad y alta homogeneidad. La cual indica que la intervención tuvo un impacto positivo en los resultados, ya que se observa una disminución en el nivel limitado y un aumento en el nivel regular y bueno.

**Tabla 4-20:** Comparación de resultados antes y después de la pregunta 5.

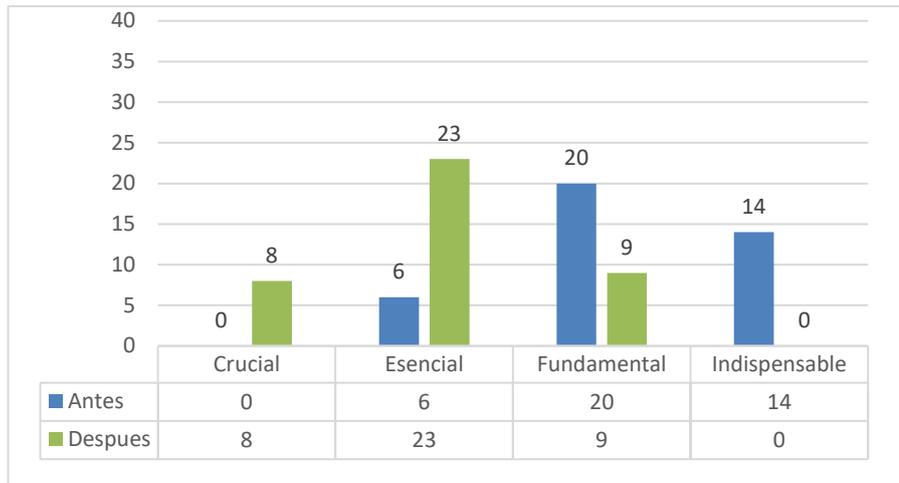
NIVEL	ANTES DE LA PRACTICA	DESPUÉS DE LA PRACTICA
Excelente	0	2
Bueno	4	25
Regular	22	11
Limitado	14	2
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>9,933</b>	<b>10,863</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>0,993</b>	<b>1,086</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

**6) ¿Qué tan importante cree que es la conectividad del IIoT en la industria actual y futura?**

En la Figura 4-13 se presenta un gráfico de barras que compara los resultados antes y después de la intervención. Antes de la práctica, el 50% de los estudiantes consideraba la importancia fundamental, el 40% como indispensable, el 10% como esencial y el 0% como crucial. Después de la práctica, se observa una mejora significativa, con un 37,5% de los estudiantes considerando la importancia crucial, el 35% con importancia esencial, el 27,5% con importancia fundamental

y se redujo la importancia indispensable. En conclusión, la intervención tuvo un impacto positivo al mejorar la percepción de la importancia del IIoT en la industria actual y futura.



**Figura 4-13:** Gráfico de resultados de la sexta pregunta

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

La Tabla 4-21 se muestra un coeficiente de variación de 9,522 antes de la intervención, mientras que después de esta, aumentó a 6,880, lo que representa una diferencia del 26%. En conclusión, este valor al ser menor al 30% indica que los datos presentan baja variabilidad y alta homogeneidad. La cual, que la intervención tuvo un impacto positivo en los resultados, ya que se observa una disminución en el nivel indispensable y un aumento en el nivel esencial y fundamental.

**Tabla 4-21:** Comparación de resultados antes y después de la pregunta 6.

NIVEL	ANTES DE LA PRACTICA	DESPUÉS DE LA PRACTICA
Crucial	0	8
Esencial	6	23
Fundamental	20	9
Indispensable	14	0
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>8,794</b>	<b>9,557</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>0,879</b>	<b>0,957</b>

**Realizado por:** Macas K; Ramirez M, 2023.

En resumen, la evaluación de la repetibilidad a través del coeficiente de variación arrojó resultados coherentes, evidenciando datos con baja variabilidad y alta homogeneidad, las encuestas de satisfacción de tipo Likert aplicada, da como conclusión un aumento de aprendizaje en las nuevas tecnologías IIoT. Estos resultados respaldan la validez y pertinencia del proyecto en el campo de la automatización industrial.

#### 4.6 Análisis de costos

En este apartado se detallan varias tablas con el costo de los materiales que se implementaron en el proyecto, también se muestra un análisis comparativo de costos del sistema mecatrónico industrial en la Figura 4-14, que se encuentra en el laboratorio de industria 4.0 de la FIE.



**Figura 4-14:** Sistema mecatrónico industrial.

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-22 se muestran los precios de los dispositivos que se implementó en el primer módulo de ensamblaje. El cual equivale al 41,01 % del costo total del proyecto.

**Tabla 4-22:** Costos del módulo de ensamblaje base-tapa.

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	SUB TOTAL
1	PLC DELTA DVP 32ES2-E RE	1	UND	575	575
2	Sensores ópticos retro reflectivos	5	UND	26	130
3	Sensores magnéticos	5	UND	15	75
4	Interfaz	1	UND	50	50
7	Fundas de terminales de conexión	5	UND	1	5
8	Canaletas ranuradas con tapa	7	UND	7	49
9	Mesa con soporte metálico flexible	1	UND	80	80
10	Tablero con soporte metálico flexible	1	UND	80	80
13	Cable de cobre TFF AWG # 22 negro	0,5	UND	26	13
14	Cable de cobre TFF AWG # 22 azul	0,5	UND	26	13
15	Cable de cobre TFF AWG # 22 rojo	2	M	0,5	1
16	Cable de cobre TFF AWG # 22 verde	2	M	0,5	1
17	Cable de cobre TFF AWG # 22 amarillo	2	M	0,5	1
18	Relé 24 VCC	1	UND	5,45	5,45
<b>TOTAL</b>					<b>1078,45</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-23 se muestran los precios de los dispositivos que se implementó en el segundo módulo de ensamblaje. El cual equivale al 30,55 % del costo total del proyecto.

**Tabla 4-23:** Costos del módulo de ensamblaje pasador.

N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	SUB TOTAL
1	PLC Schneider TM221CE16T	1	UND	400	400
2	Sensores ópticos retro reflectivos	3	UND	26	78
3	Sensores magnéticos	2	UND	15	30
4	Interfaz	1	UND	50	50
7	Fundas de terminales de conexión	2	UND	1	2
8	Canaletas ranuradas con tapa	7	UND	7	49
9	Mesa con soporte metálico flexible	1	UND	80	80
10	Tablero con soporte metálico flexible	1	UND	80	80
13	Cable de cobre TFF AWG # 22 negro	0,5	UND	26	13
14	Cable de cobre TFF AWG # 22 azul	0,5	UND	26	13
15	Cable de cobre TFF AWG # 22 rojo	2	M	0,5	1
16	Cable de cobre TFF AWG # 22 verde	2	M	0,5	1
17	Cable de cobre TFF AWG # 22 amarillo	2	M	0,5	1
18	Relé 24 VCC	1	UND	5,45	5,45
<b>TOTAL</b>					<b>803,45</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-24 se muestran los precios de los dispositivos que se implementó para hacer la comunicación del IIoT. El cual equivale al 20 % del costo total del proyecto.

**Tabla 4-24:** Costos del sistema IIoT.

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	SUB TOTAL
1	Pasarela WECON V-BOX	1	UND	526	526
<b>TOTAL</b>					<b>526</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

En la Tabla 4-25 se muestran los precios de los dispositivos que se implementó para hacer el sistema de alimentación de los módulos. El cual equivale al 4,64 % del costo total del proyecto.

**Tabla 4-25:** Costos del sistema de alimentación.

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	SUB TOTAL
1	Fuente de alimentación	4	UND	19,5	78
	Cable de cobre THHN AWG # 12 blanco	1	UND	26	26
	Breakers 6 amperios	1	UND	6	6
	Breakers 4 amperios	3	UND	4	12
<b>TOTAL</b>					<b>122</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

Los costos varios presentan un subtotal de 100 dólares lo que hace referencia a los materiales complementarios que se presentaron en el desarrollo del trabajo. El cual equivale al 3,80 % del costo total del proyecto.

**Tabla 4-26:** Costo total de proyecto

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Módulo de ensamblaje basa – tapa	1078.45
2	Módulo de ensamblaje pasador	803.45
3	Sistema IIoT	526
4	Sistema de alimentación	122
5	Varios	100
<b>TOTAL</b>		<b>2629,9</b>

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

La Tabla 4-26 resume la inversión requerida para la finalización del proyecto. Tras determinar los costos involucrados, se realiza un análisis comparativo del proyecto con un sistema mecatrónico industrial, detallado en la Tabla 4-27, centrando la atención en los módulos similares al proyecto. El objetivo principal es evaluar la viabilidad de emprender un proyecto similar en lugar de adquirirlo. Este sistema industrial se distingue por su amplia gama de sensores, en contraste con los módulos específicos utilizados en este proyecto. Los sistemas adquiridos por la ESPOCH incorporan diversos dispositivos de la marca SIEMENS, que son más costosos en comparación con los componentes convencionales, lo que aumenta el costo de los cables de conexión. Por otro lado, los módulos emplean una comunicación basada en la lógica cableada, lo que reduce significativamente su costo.

Dentro del contexto del sistema IIoT, el módulo adquirido presenta una plataforma denominada IMS VIRTUAL, que posibilita la ejecución de simulaciones tridimensionales en tiempo real de subsistemas virtuales y plantas de producción, emulando modelos reales. Este módulo se programa mediante STEP 7 y se controla a través del software de pago "S7 PLCSIM". Por otro lado, el módulo implementado utiliza una pasarela V-BOX de WECON, la cual incluye un software de código abierto.

Se puede concluir que el sistema mecatrónico industrial y los módulos de ensamblaje del proyecto tiene una similitud tanto en sus componentes como en su funcionamiento y este representa un costo del 26,04% de inversión del costo total del sistema, lo que es más rentable realizar un proyecto desde cero, siempre y cuando los objetivos del proyecto estén claramente definidos.

**Tabla 4-27:** Análisis comparativo del sistema de ensamblaje con proyecto similares

SISTEMA MECATRÓNICO INDUSTRIAL			MÓDULOS DE ENSAMBLAJE		
ESTACIONES DE TRABAJO					
Separación	Montaje	Procesamiento	Base	Tapa	Pasador
ALIMENTACIÓN DE AIRE					
100 PSI (6 bar)			100 PSI (6 bar)		
CIRCUITO					
<ul style="list-style-type: none"> <li>De contacto</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>De fuerza</li> <li>De mando</li> </ul>		
BANDA TRASPORTADORA					
24V			24 V		
ACCESORIOS DE CONEXIÓN					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cable de conexión serie 9/9 polos</li> <li>Cable de interfaz de 25 polos, clavijero Sub-D / conector</li> <li>Adaptador de PC PLC-S7 con convertidor USB/MPI</li> <li>Cable de conexión PROFIBUS</li> <li>Cable UTP</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Cable UTP</li> <li>Cable DB25 hembra-macho</li> </ul>		
PLC					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Siemens S7-300 con accesorios</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Delta DVP32ES2-E RE.</li> <li>Schneider TM221CE16T</li> </ul>		
SENSORES					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Óptico</li> <li>Magnético</li> <li>Capacitivo</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Óptico retro reflectivo</li> <li>Magnético</li> </ul>		
SOFTWARE					
<ul style="list-style-type: none"> <li>S7- Graph</li> <li>S7-SCL</li> <li>PLCSim(D,GB,F,E,I)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>ISPsoft</li> <li>Echostructure</li> <li>V-Net</li> </ul>		
PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN					
<ul style="list-style-type: none"> <li>PROFIBUS</li> <li>PROFINET</li> <li>MODBUS TCP/IP</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>MODBUS TCP/IP</li> </ul>		
DISPOSITIVOS PARA VISUALIZACIÓN					
<ul style="list-style-type: none"> <li>PC</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>PC</li> <li>Dispositivo Móvil</li> </ul>		
SISTEMA IIoT					
HMI			SCADA		
VALOR DEL DISPOSITIVO					
10100			2629,9		

Realizado por: Macas K; Ramirez M, 2023.

## CONCLUSIONES

Se llevó a cabo la implementación de un sistema automatizado de ensamblaje de dos cuerpos: base-tapa y el pasador, con control IIoT utilizando una pasarela WECON V-BOX en el laboratorio de automatización FIE-ESPOCH.

Se identificaron los requerimientos para el desarrollo del proyecto los cuales permiten una configuración y ajuste que garantizan un control de operación del proceso de ensamblaje, lo que resulta en una mayor calidad en los productos ensamblados y una reducción notable de productos no satisfactorios.

Los resultados de las pruebas de normalidad, superan el 5% de significancia, lo que indica una alta verosimilitud de que los tiempos de trabajo siguen una distribución normal en los módulos de ensamblaje de forma individual y grupal. Lo cual tiene un impacto significativo en la validación del funcionamiento del ensamblaje completo de los cuerpos base-tapa y pasador.

Las pruebas de repetibilidad han demostrado una alta estabilidad y baja variabilidad en los coeficiente de variación para el número de piezas ensambladas de: 11,47% para el ensamblaje base-tapa, el 23,54% para el ensamblaje pasador y 18,68%, para el ensamblaje completo, En cuanto a tiempos de conectividad, se obtuvieron coeficientes de variación del 20,8% para el PLC Delta, 29% para el PLC Schneider y 13% para la pasarela WECON V-BOX, valores que se sitúan dentro del rango aceptado del 0 % al 30%. Lo que garantiza la consistencia y precisión de los resultados en el proceso de ensamblaje, lo que respalda la validez del funcionamiento del sistema en su totalidad.

En base las encuestas de satisfacción de tipo Likert han reflejado mejoras notables en diversos aspectos. Con un aumento del 8% en el conocimiento sobre el dispositivo IIoT, un incremento del 19% en la experiencia de uso de la Pasarela WECON V-BOX, y un progreso del 2% al 7% en el entendimiento de la creación de HMI y la plataforma V-Net. Estos resultados validaron la utilidad del sistema IIoT, ofreciendo una perspectiva cualitativa de los estudiantes de la FIE – ESPOCH. Este análisis demuestra que la elección de la pasarela WECON V-BOX fue acertada para el diseño del control IIoT. Donde, su flexibilidad en la exportación de datos, sencilla conexión a la nube y habilidad para comunicarse con diversas marcas aseguran una interacción fluida entre los componentes.

La implementación de los módulos de ensamblaje que resultan ser similares a los que se encuentran dentro de la FIE-ESPOCH representa un costo del 26,04% del costo total de un

sistema mecatrónico industrial, por lo que resulta una alternativa más rentable una repotenciación antes que adquirirlo.

## **RECOMENDACIONES**

Desarrollar un sistema de retroalimentación que permita que el sistema empleado funcione de manera completamente autónoma.

Integrar un sistema de visión artificial que permita la identificación de los equipos implementados y visualizar el proceso de los módulos en tiempo real, conectado al sistema IIoT empleado.

Se sugiere la implementación de un Sistema Instrumental de Seguridad (SIS) con el objetivo de familiarizar a las futuras generaciones con dispositivos avanzados en seguridad industrial.

Adaptar un sistema de realidad aumentada enfocado a la manipulación de plantas de producción similares.

Examinar la efectividad de las actualizaciones de firmware en intervalos de tiempo diferente a los sugeridos por los desarrolladores, para reducir la vulnerabilidad de la pasarela Wecon V-box frente a posibles ciberataques.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABARCA, R. & CAMACHO, E.** Implementación de una estación para simulación de procesos de ensamblaje con mesa indexadora y robot industrial en el laboratorio de automatización de la Facultad de Mecánica (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Riobamba – Ecuador. 2017. pp. 1–59.

**ALONSO, M & MOLINA, I** Simulador de un interruptor de potencia mediante un Controlador Lógico Programable (PLC), (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Autónoma de México, México. 2004. p. 40 [Consulta: 2023-05-01]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/RepoFi/18448/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**AQUILINO, P.** *Sistemas SCADA*. España : Marcombo, 2011. 9788426716477, 8426716474. pp. 19–23.

**BALAREZO, J & GRANDA, P.** Diseño y Construcción de un Sistema de Control Utilizando Motores Paso a Paso Aplicable a Sistemas de Ensamblaje y Selección de Manómetros (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador. p. 55.

**BOLTON, W.; & ANIL, K.** *Digital Electronics*. [blog]. 2007, p. 4. [Consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: [https://ds.amu.edu.et/xmlui/bitstream/handle/123456789/5512/\\_Programmable\\_Logic\\_Controllers\\_\\_4th\\_Edition\\_\\_2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ds.amu.edu.et/xmlui/bitstream/handle/123456789/5512/_Programmable_Logic_Controllers__4th_Edition__2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**BOMMADEVARA, N; DEL MIGLIO, A.; & JANSEN, S.** *Cloud adoption to accelerate IT modernization*. [blog]. s1: McKinsey Digital, 2018. [Consulta: 02 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/cloud-adoption-to-accelerate-it-modernization>.

**CANDELAS, F.** “Comunicación con RS-485 y MODBUS”. *Automatización Avanzada*, 2011. pp. 20–22.

**CDE.** *Normativa Industrial* [blog]. [Consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.cde.es/es/normativa\\_industrial/#:~:text=La%20normalizaci%C3%B3n%20ofrece%20la%20](https://www.cde.es/es/normativa_industrial/#:~:text=La%20normalizaci%C3%B3n%20ofrece%20la%20)

**CEI 60898-1.** *Corrigendum 1 - Enmienda 1 - Accesorios eléctricos - Disyuntores para protección contra sobrecorriente para instalaciones domésticas y similares - Parte 1: Disyuntores para funcionamiento en CA.*

**CHILUISA, Cristian Esteban.** Implementación de un sistema automatizado con control hmi-scada para el proceso de embotellado de líquidos (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador. 2019. pp. 56-66.

**CÓRDOBA, E.** “Manufacturing and automation”. *Ingeniería e investigación*, vol. 26, no 3 (2006), (Ecuador). pp. 120-128.

**CRESCO, N.** Diseño e Implementación de Módulos de Red Modbus/Tcp entre Tres Automatas Programables para Arranque de Motor Trifásico de Manera Local, Remoto y Lectura de Sensores (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil – Ecuador. 2022.

**DELTA.** *Industrial Automation EMEA, COMMGR.* [blog]. [Consulta: 14 julio 2023] 2021. Disponible en <https://delta-ia-tips.com/tag/commgr/>.

**DIEZ ZAERA, Ramiro; et al.** Diseño de paletizadora automática en línea de producción simulada [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Europea de Madrid, España. 2022. pp 4-53. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: [https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/3312/TFM\\_MesquidaReigMiguel.pdf?sequence=1](https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/3312/TFM_MesquidaReigMiguel.pdf?sequence=1)

**ECOSTRUXURE, M.** *EcoStruxure Machine Expert - Basic, Guía de la biblioteca de funciones genéricas* [blog], 2022. [Consulta: 20 de julio del 2023]. Disponible en: <https://www.se.com/ar/es/download/document/EIO0000003292/>.

**ESCAMILLA LÓPEZ, M.; et al.** “Repetibilidad y Reproducibilidad en las Mediciones del Espesor de Tubos de Acero para Ferroduto”. *Conciencia Tecnológica* [en línea], 2020, (México) (59), p. 4 [Consulta: 3 agosto 2023] ISSN: 1405-5597 Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/944/94463783003/94463783003.pdf> .

**FÚQUENE, C; AGUIRRE, S; & CÓRDOBA, N.** “Evolución de un sistema de fabricación flexible (FMS) a un sistema de fabricación integrado por ordenador (CIM)”. *Ingeniería y Universidad*, vol. 11, número 1 (2007), (Colombia) pp. 57 – 59.

**GALLEGOS, J.; & DELGADO, E.** Diseño e implementación de una red industrial Modbus para el control de actuadores trifásicos en el laboratorio de fabricación flexible (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil – Ecuador. 2015. pp. 19–28.

**GALLO CASTILLO, Tannya Lucía.** Desarrollo e implementación de internet industrial de las cosas aplicadas al laboratorio de PLC'S de la Facultad de Ingeniería Industrial en procesos de automatización de la Universidad Técnica de Ambato [En Línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. 2018. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/9228/1/20T01093.pdf>.

**GARZÓN CASTRILLÓN, M. A.; & MANDAKOVIC, T.** “El aprendizaje organizacional, prueba piloto de instrumentos tipo Likert. Fórum Empresarial”. *Forum Empresarial* [en línea], 2010, (Colombia & Brasil) 15(1), p. 71, [Consulta: 2 agosto 2023] ISSN 1541-8561. Disponible en: <https://doi.org/10.33801/fe.v15i1.3417>.

**GRIERA, Jordi Íñigo; ORDINAS, José María Barceló; ALABERN, Llorenç Cerdà.** “Estructura de redes de computadores”. *Editorial UOC*, 2008. pp. 50-52.

**GSL Industrias.** *Programación PLC* [blog]. México, 2021. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/programacion-plc>.

**GUILLÉN SALVADOR, A.** *Introducción a la Neumática* [en línea]. Marcombo, Boixerau editores, Barcelona-México. 1988, pp. 31-38. [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.google.com.ec/books/edition/Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_Neum%C3%A1tica/x\\_ANfBeC6z8C?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22Antonio+Guill%C3%A9n+Salvador%22&prints=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Introducci%C3%B3n_a_la_Neum%C3%A1tica/x_ANfBeC6z8C?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22Antonio+Guill%C3%A9n+Salvador%22&prints=frontcover).

**HYDE, J; CUSPINERA, A.; & REGUÉ, J.** *Control electroneumático y electrónico*. España: Marcombo, 1997. 9788426710970, 8426710972. pp. 72–76.

**IAS AUTOMATION.** *Plc's delta electronics controladores lógicos programables*. [blog]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://deltaelectronicsdistribuidor.mx/plcs-delta/>.

**IEC 60617.** 2012 DB. *Símbolos gráficos para diagramas: suscripción de 12 meses a una Base de datos en línea actualizada periódicamente que comprende las partes 2 a 13 de IEC 60617*

**IEC.** *IEC en todas partes para un mundo más seguro y eficiente* [blog]. Disponible en: <https://www.iec.ch/homepage>

**ISA-101.01.** *Terminología y modelos para desarrollar una HMI y los procesos de trabajo recomendados para mantener eficazmente la HMI durante todo el ciclo de vida.* 2015.

**JIMÉNEZ, I.; & BARBOSA, R.** “Concepto de línea de ensamble mediante la implementación del diseño modular para mejorar la flexibilidad y escalabilidad”. *Artículos del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya, 2021, (Ecuador)* pp. 1277-1282.

**JOYANES, L.** *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial.* Colombia: Alpha Editorial, 2017. 9789587783179, 9587783174. pp. 198-200.

**KALPAKJIAN, S; SCHMID, R.** *Manufactura, ingeniería y tecnología.* s.l.: Pearson Educación, 2002. 9789702601371. pp. 1057-1058.

**LAURIN, A; JAN, J; FLORIAN, V.; & NILS, U.** “Una taxonomía de las características arquitectónicas de las plataformas industriales de IoT”. En *Innovación a través de sistemas de información: Volumen III: Una colección de las últimas investigaciones sobre cuestiones de gestión.* Springer International Publishing, 2021. pp. 404-421.

**LUREYE.** *Delta ISPSOft.* [blog]. Chile: 2013. [Consulta: 2 agosto 2023]. Disponible en: <https://lureye.cl/producto/delta-ispssoft/#:~:text=ISPSOft%20es%20la%20herramienta%20de,por%20medio%20de%20areas%20integradoras.>

**MachineMetrics.** *Eficiencia de producción, automatización e IOT* [blog]. 2019. [consulta: 2 Junio 2023 ]. Disponible en: <https://www.machinemetrics.com/blog/production-efficiency-automation-and-iot>

**MANJARRÉS, P.** Diseño y construcción de un sistema de transportación y clasificación por color y tipo de material (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 2010. pp. 87–130.

**MENDES, M.; & PALA, A** “Type I Error Rate and Power of Three Normality Tests”. *Information Technology Journal* [en línea], 2003, (Pakistan) 2(2), pp. 135-139. [Consulta: 2 agosto 2023]. ISSN 18125638. Disponible en: [https://scialert.net/abstract/?doi=itj.2003.135.139.](https://scialert.net/abstract/?doi=itj.2003.135.139)

**MORENO, E.** *Automatización de procesos industriales.* Valencia: Alfaomega, 2001. pp. 10–11.

**NORMA ISA-S5.1.** *Simbología e identificación de la instrumentación industrial.*

**NORMA ISA-S5.4.** *Diagramas de lazos.*

**OBANDO, C & VÁSQUEZ, M.** “Seguridad a nivel de enlace de datos en el modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI)”. *InGente Americana*, vol. 2, no 2 (2022), pp. 71-78.

**ORTIZ, M.** Implementación y Evaluación de Plataformas en la Nube para Servicios de IoT. (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Politécnica de València, Valencia - Madrid. 2019. pp. 10–11.

**PULLEY, I & FLORES, J.** Automatización del proceso de generación de vapor mediante un plc y una hmi para el departamento de esterilización del hospital León Becerra de Guayaquil. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil – Ecuador. 2019. pp. 10 – 20.

**RAMÍREZ, L; JIMÉNEZ, G.; & CARREÑO, J.** *Sensores y actuadores.* Azcapotzalco: Grupo Editorial Patria, 2014. 6074389365, 9786074389364. pp. 17–19.

**REQUENA SERRA, Bernat.** *Coefficiente De Variación De Pearson* [blog]. 2016. [Consulta: 3 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/coeficiente-variacion-pearson/>.

**ROCKWELL AUTOMATION.** *Controladores programables PLC.* [blog]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers.html>.

**ROMERO, P.** *Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas.* Ediciones Paraninfo, SA, 2018. 9788428338660, 8428338663, pp. 13–15.

**SCHNEIDER.** *PLC, PAC y otros controladores* [blog]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.se.com/es/es/product-category/3900-plc-pac-y-otros-controladores/>.

**SHANKAR, K.** “Control del funcionamiento de la caldera mediante PLC–SCADA”. *Actas de la MultiConferencia Internacional de Ingenieros e Informáticos.* 2008, (Hong Kong) pp. 2-3.

**SIEMES.** *La elección inteligente para sus tareas de automatización – Controlado* [blog]. [Consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc.html>

**SIERRA DÍAZ, J.** “Paquete estadístico SPSS, Prueba de Shapiro Wilk”. *ENIGMÁTICAMENTE (JSD)* [en línea], 2021, p. 2. [Consulta: 3 agosto 2023]. Disponible en: [https://www.academia.edu/47487169/\\_Paquete\\_estadístico\\_SPSS\\_Prueba\\_Shapiro\\_Wilk](https://www.academia.edu/47487169/_Paquete_estadístico_SPSS_Prueba_Shapiro_Wilk).

**TOMÁS, J.** “Introducción al protocolo modbus”. *La Extensión*, vol. 9, n.º 4 (2008), p. 1-4.

**Vaello, J.** *Cilindros neumáticos - Formación para la Industria 4.0* [blog]. [Consulta: 4 Mayo 2023]. Disponible en: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-8-electroneumatica/1-8-3-cilindros-neumaticos-2/>

**VERMESAN, O; BRÖRING, A; TRAGOS, E; SERRANO, M; BACCIU, D; CHESSA, S; GALLICCHIO, C; MICHELI, A; DRAGONE, D; SAFFIOTTI, A; SIMOENS, P; CAVALLO, F & BAHR, R.** “Internet of robotic things–converging sensing/actuating, hyperconnectivity, artificial intelligence and IoT platforms”. En *Cognitive Hyperconnected Digital Transformation*. River Publishers, 2022. pp. 97-155.

**YAGUACHI, L.** Estudio y análisis de los detectores fotoeléctricos para un sistema de control de procesos (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Central Del Ecuador, Quito – Ecuador. 2013. pp. 21–22.

**ZOMAYA, A; & SAKR, S.** *Manual de tecnologías de big data*. Alemania: Springer International Publishing, 2017. 9783319493404, 331949340X. pp. 699 – 703.





# Industrial IoT Gateway

## V-BOX H Series Specifications

### General



Model		H-00	H-WF	H-4G	H-AG/H-SG
Item		Specifications			
CPU		Cortex A7			
Storage	Flash	128MB			
	RAM	DDRIII 128MB			
I/O Ports	USB	HOST/DEVICE: USB OTG Switch			
	Serial Ports	COM1: RS232, RS422/RS485 (2 in 1) RS485(2 in 1) 【COM2: RS485, COM3: RS485】			
	Ethernet	3 Ethernet Ports			
	WIFI Module	N/A	YES	N/A	N/A
	4G Module	N/A	N/A	4G	4G (Global)
I/O		2 inputs with optocoupler isolation; 2 relay outputs			
Power	Power Supply	24V DC (12-28V DC)			
	Power Consumption	<10W			
Dimension	Enclosure	PC+ABS (			
	Dimension (W*H*D)	131.0mm*100.5mm*46.0mm			
	Weight (KG)	0.3			
Environment	Vibration Resistance	IEC61131-2 Standard			
	Storage Temperature	-20℃-70℃			
	Working Temperature	-10℃-60℃			
	Relative Humidity	10-85%RH (Non-condensing)			
CE Certification		CE Marked			
FCC Certification		FCC Class A Marked			
Real-time Monitoring Points		300	300	500	600
Alarm Monitoring Points		200	200	300	300
History Monitoring Points		50	50	100	100
History Storage/Storage capacity		90 Days/1 Million		180 Days/1 Million	
Normal Pass-through		YES			
WVPN Pass-through		YES			
Edge Computing		YES			
API Interface		YES			
Remote Update		YES			
Configuration download / upload		YES			
Off-line Transmission		YES			
GPS		N/A		LBS	LBS/GPS
H-4G model frequency code					
LTE FDD B1/B3/B5/B8	LTE TDD B34/B38/B39/B40/B41	TD-SCDMA B34/B39	WCDMA B1/B8	CDMA BC0	GSM 900/1800MHz
H-AG model frequency code					
LTE FDD B1/B2/B3/B4/B5/B7/B8/B12/B13/B18/ B19/B20/B25/B26/B28		LTE TDD B38/B39/B40/B41		UMTS B1/B2/B4/B5/B6/B8/B19	GSM B2/B3/B5/B8

Remark: You could contact us for confirmation before purchase.



Presentation

Modicon M221 and M221 Book logic controllers

General presentation



16 I/O channels

24 I/O channels



40 I/O channels

Modicon M221 logic controllers (standard format)



16 I/O channels

32 I/O channels

Modicon M221 Book logic controllers

Presentation

Applications

Modicon M221 and M221 Book logic controllers are designed for simple machines. They can optimize the size of wall-mounted and floor-standing control system enclosures due to their compact dimensions.

- The controllers are available in 2 formats:
  - Modicon M221 controllers (TM221C\*\*\* references) offer excellent connection capacity and customization options without increasing the controller size, using I/O, communication, or application cartridges.
  - Modicon M221 Book controllers (TM221M\*\*\* references) offer very small dimensions and a wide choice of connections.
- M221 and M221 Book controllers have an embedded Ethernet port meaning they can be easily integrated in control system architectures, for remote control and maintenance of machines using applications for smartphones, tablets, and PCs.
- The wealth of functions embedded in M221 and M221 Book controllers minimizes the cost of the machine:
  - Functions embedded in the controller: Modbus serial link, USB port dedicated to programming, and simple position control functions (high speed counters and pulse train outputs trapezoidal and S-curve profile)
  - Functions embedded in Modicon TM3 extensions: functional safety modules, motor-starter control module, and remote expansion system
  - Functions embedded in the dedicated display unit
- The application is created quickly thanks to the intuitive nature of the EcoStruxure Machine Expert - Basic programming software, which also has embedded configuration of the display unit and extensions, including the functional safety modules.

Main functions

Modicon TM221C***	Modicon TM221M***
<b>w x h x d (mm/in.)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 16 I/O: 95 x 90 x 70 / 3.74 x 3.54 x 2.75</li> <li>□ 24 I/O: 110 x 90 x 70 / 4.33 x 3.54 x 2.75</li> <li>□ 40 I/O: 163 x 90 x 70 / 6.41 x 3.54 x 2.75</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 16 I/O: 70 x 90 x 70 / 2.75 x 3.54 x 2.75</li> <li>□ 32 I/O: 70 x 90 x 70 / 2.75 x 3.54 x 2.75</li> </ul>
<b>Supply voltage</b>	
24 V ~ or 100...240 V ~ 50/60 Hz	24 V ~
<b>Connection of the embedded I/O</b>	
On removable screw terminal blocks at intervals of 5.08 mm (0.20 in.) 24 I/O: 25 A power supply provided by the controller for sensors or inputs on TM221C***R models	16 I/O: On removable screw or spring terminal blocks at intervals of 3.81 mm (0.15 in.) 32 I/O: On HE10 connectors with HE 10 cables/bare wires or Telefast ABE7 connection sub-bases (1)
<b>Analog inputs</b>	
2 embedded inputs on each TM221M*** and TM221C*** controller	
<b>Embedded Ethernet communication</b>	
Yes on TM221C***	Yes on TM221M***
<b>Serial link</b>	
1 embedded link	1 or 2 embedded links
<b>Cartridges</b>	
1 slot for 1 or 2 cartridges: <ul style="list-style-type: none"> <li>□ I/O cartridge (analog inputs or outputs, temperature inputs)</li> <li>□ communication cartridge (serial link) or application cartridges (hoisting, conveying, and packaging)</li> </ul>	-

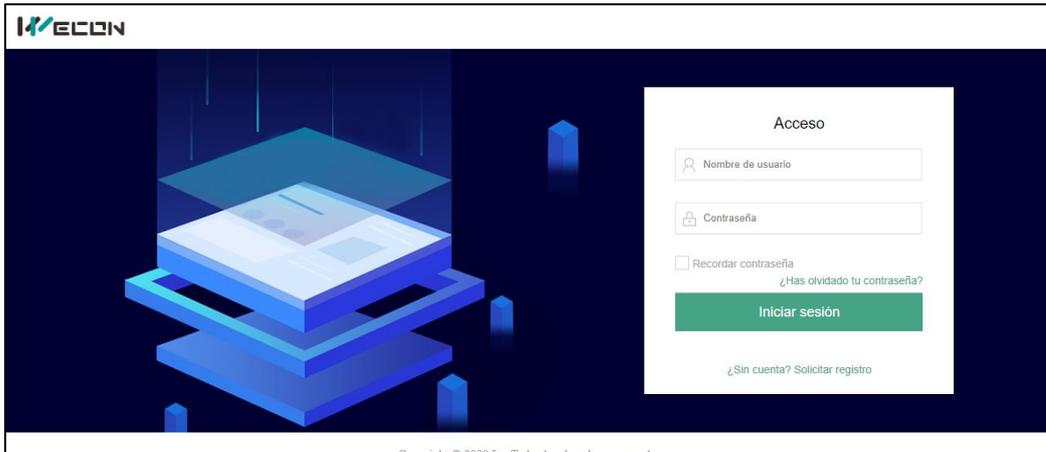
Hardware characteristics

- M221 and M221 Book controllers each have an embedded:
- Run/Stop switch
  - slot for an industrial SD memory card
  - QR code for direct access to its technical documentation

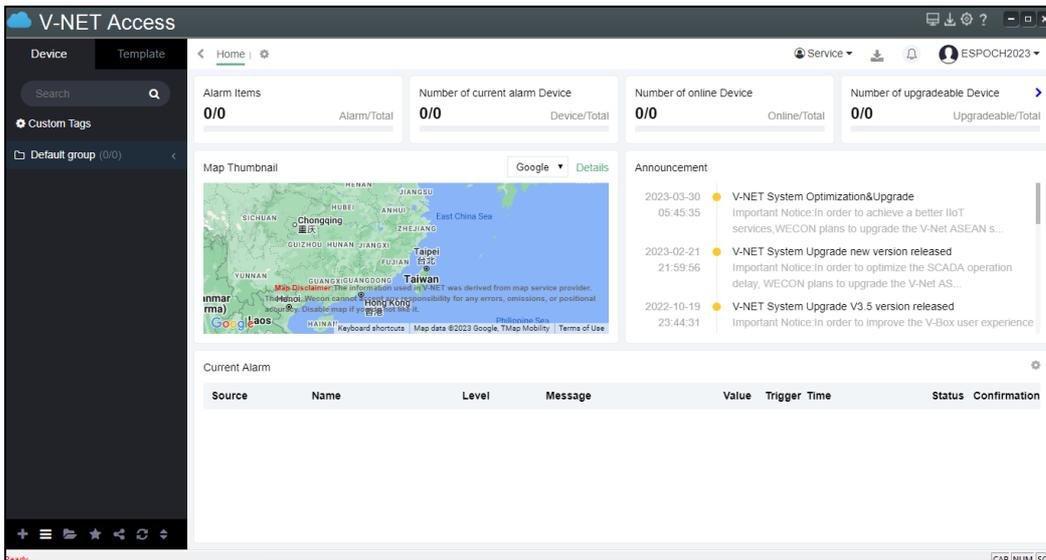
(1) Telefast Modicon ABE7 pre-wired system to be ordered separately. Refer to the catalog ref. [D1A3ED21A080229U](#) or our website [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

## ANEXO E: CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA V-NET

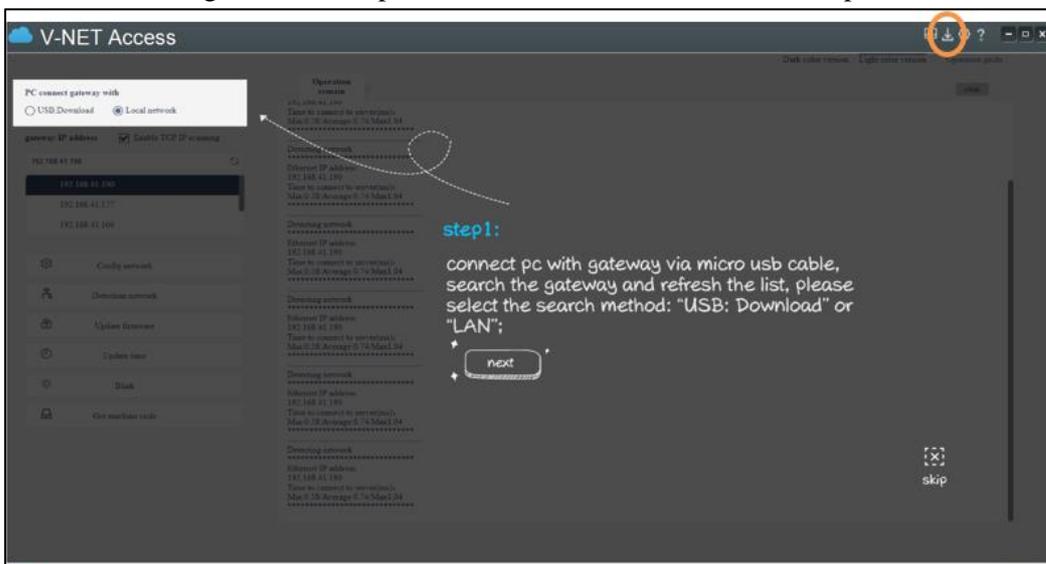
Ventana de acceso a la Plataforma V-Net.



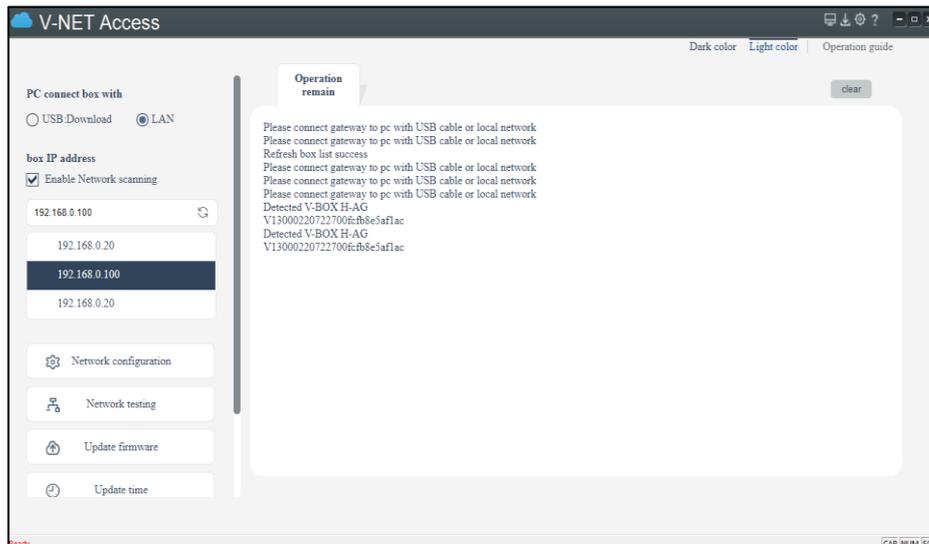
Ventana de inicio a la Plataforma V-Net.



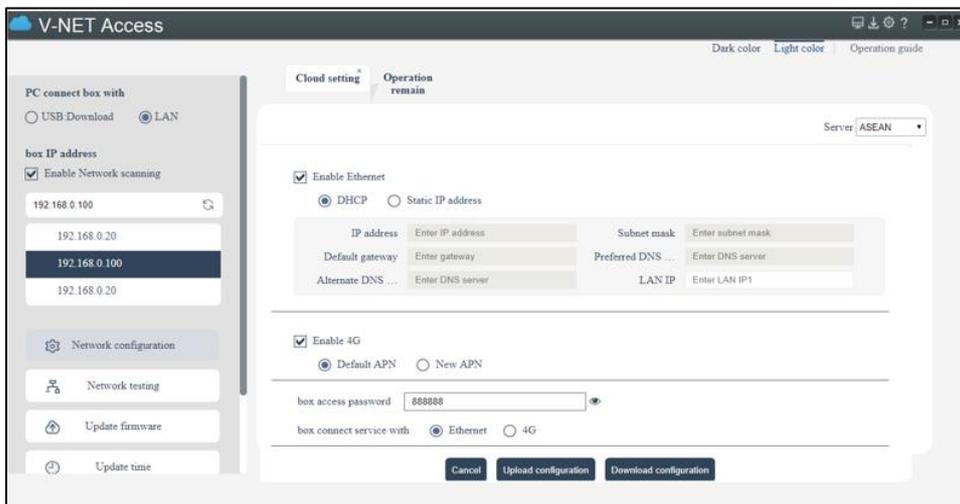
Ventana de configuración de la pasarela WECON V-BOX H-AG en la plataforma



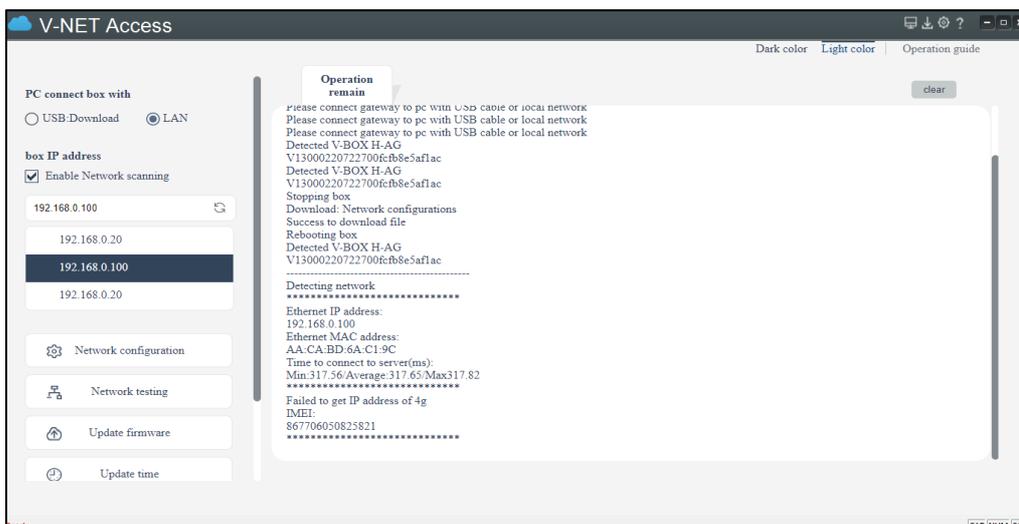
## Detección de la Pasarela WECON V-BOX H-AG.



## Configuración de una nueva red en la plataforma V-Net.



## Captura del código del dispositivo WECON V-BOX H-AG.



## Encuesta de validación del sistema IIoT mediante la pasarela Wecon V-Box

\* Indica que la pregunta es obligatoria

---

1. Nombre y Apellido \*

\_\_\_\_\_

2. 1. ¿Cuál es el nivel de conocimiento que posee sobre la implementación y manipulación de dispositivos IIoT? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Experto  
 Intermedio  
 Básico  
 Nulo

3. 2. ¿Qué experiencia o conocimiento tiene sobre la eficiencia y el uso de la pasarela de comunicación WECON V-BOX para transmitir datos hacia la nube? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Amplia  
 Limitada  
 Moderada  
 Nula

4. 3. ¿Cuál es el nivel de conocimiento que posee acerca de la plataforma V-NET \*  
para desarrollar HMI (Interfaces Hombre-Máquina) en la nube?

*Marca solo un óvalo.*

- Alto  
 Media  
 Bajo  
 Nulo

5. 4. ¿Qué aspecto considera más relevante o significativo al exportar datos de \*  
PLCs hacia la nube V-NET?

*Marca solo un óvalo.*

- Seguridad  
 Eficiencia  
 Conocimiento  
 Limitado

6. 5. ¿Cómo evalúa su nivel de preparación para manipular los módulos de \*  
ensamblaje base-tapa y pasador con control IIoT?

*Marca solo un óvalo.*

- Excelente  
 Bueno  
 Regular  
 Limitado

7. 6. ¿Qué tan importante cree que es la conectividad del IIoT en la industria actual y futura? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Crucial
- Esencial
- Fundamental
- Indispensable

---

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

## ANEXO G: PRACTICAS



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRONICA

### GUÍA DE PRÁCTICA

**FACULTAD:** INFORMÁTICA Y ELECTRONICA  
**CARRERA:** INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN  
**ASIGNATURA:** TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR  
**TUTOR:** ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA  
**PRÁCTICA N°:** 01

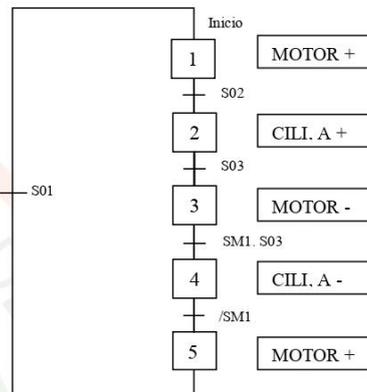
**I. TEMA:** Transferencia de información desde un PLC Schneider hacia el servicio en la nube V-NET

#### II. OBJETIVO:

1. Facilitar a los estudiantes de Automatización Industrial la comprensión de los conceptos fundamentales del Internet Industrial de las Cosas y su integración efectiva en los sistemas de automatización.

#### III. INSTRUCCIONES:

1. Implementar la siguiente secuencia en el módulo de ensamblaje pasador, recuerde utilizar los indicadores de color rojo y verde para representar los estados de ejecución y detención. Es crucial destacar que esta secuencia se limitará al uso exclusivo de los pulsadores básicos de INICIO y PARO."



A continuación, se presenta la tabla de entradas y salidas del controlador lógico programable (PLC) que incluye información sobre pulsadores, sensores y actuadores.



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ENTRADAS			SALIDAS	
PULSADOR 1	%I0.0	PARO		
PULSADOR 2	%I0.1	INICIO		
PULSADOR 3	%I0.2	RESET	%Q0.0	CILINDRO A
PULSADOR 4	%I0.3	EMERGENCIA	%Q0.2	MOTOR
SENSOR OPTICO 1	%I0.4	SO1	%Q0.5	LUZINDICADORA_ VERDE
SENSOR OPTICO 2	%I0.5	S02	%Q0.6	LUZINDICADORA_ ROJA
SENSOR MAGNETICO 1	%I0.6	SM1		
SENSOR OPTICO 4	%I0.7	S03		
<b>MODELO DE PLC</b>		TM221C16R		

- Una vez que se obtuvo la programación se carga al PLC
- Acceder a la plataforma V-net Access.

Para acceder a la plataforma V-net Access y clic en el siguiente enlace y se ingresa las siguientes credenciales:

**USUARIO:** ESPOCH2023

**CONTRASEÑA:** #ensamblajebasetapapasador\*

<https://asean.v-box.net/web/htmlnew/user/login.html>

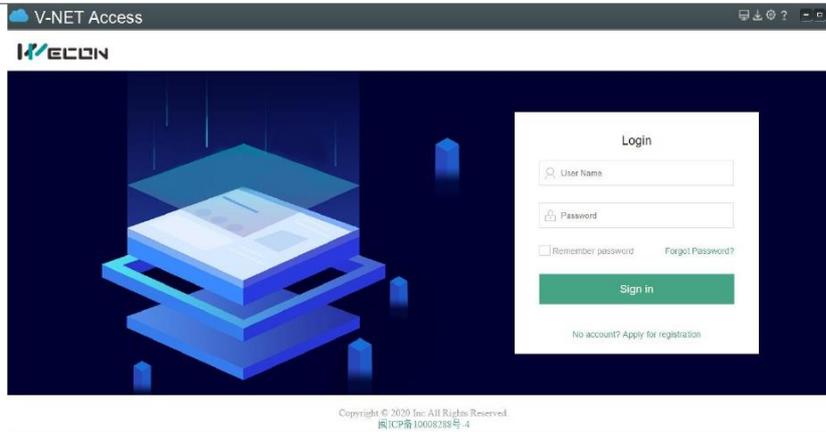




# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

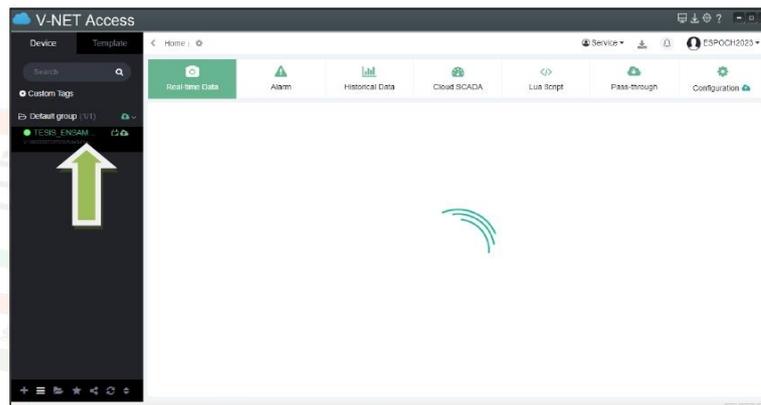
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA



Copyright © 2020 Inc. All Rights Reserved.  
蜀ICP备10008288号-4

**Figura 1**

- Al acceder a la plataforma, se observa en la parte izquierda de la pantalla la presencia de una pestaña titulada TESIS\_ESSAMBLAJE (ver figura 1), donde se hace clic para revelar varios grupos. De entre estos grupos, se selecciona aquel etiquetado como PRATICAS (ver figura 2)."



**Figura 2**



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

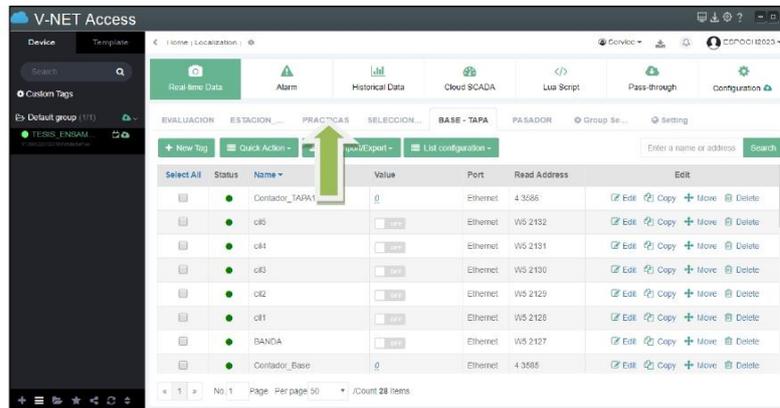


Figura 3

## 5. Ajustar los parámetros de recopilación de datos del PLC

Se selecciona la ficha de configuración y se accede al submenú de comunicación (ver figura 3), donde la captura de datos se llevará a cabo a través del protocolo Modbus TCP en modo esclavo (ver figura 4). Es importante tener en cuenta que no es necesario reconfigurar estos parámetros, ya que se realizaron previamente en el desarrollo de la tesis.

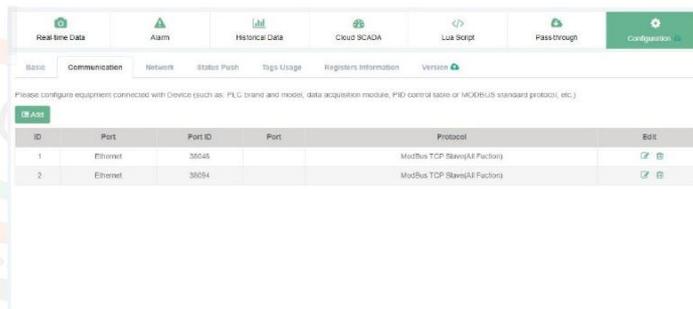


Figura 4



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Por lo tanto, es importante destacar que el puerto Ethernet 4 está asignado al PLC de la marca Schneider. Esto debe ser considerado al importar las variables.

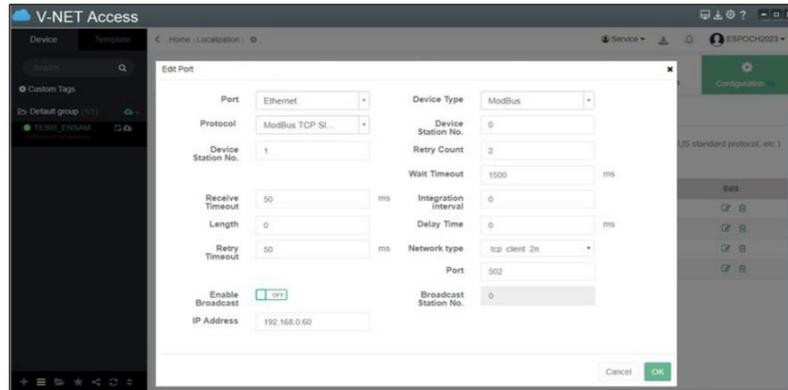


Figura 4

## 6. Importar variables del proceso

Volviendo al menú de datos en tiempo real, seleccione el submenú denominado PRACTICAS (ver Figura 5).

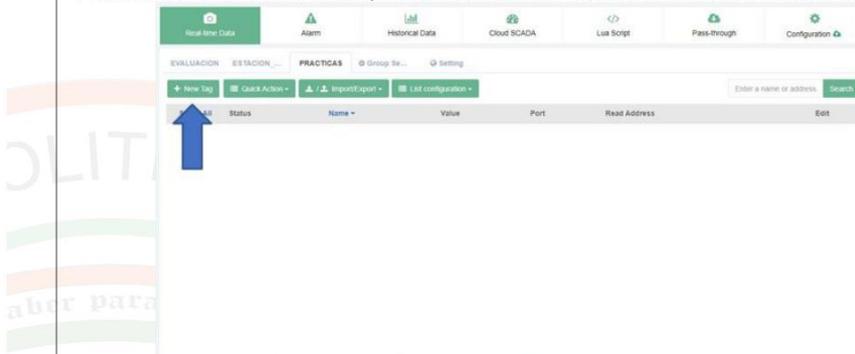


Figura 5

Se elige new tag y se configura los parámetros que se muestran en la figura 6.



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

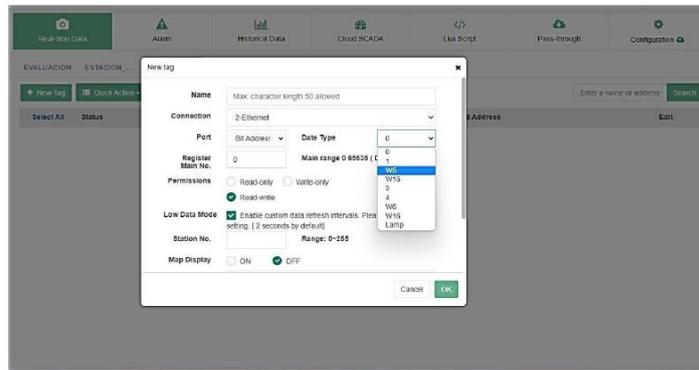


Figura 6

**Name:** Nombre de la variable (Colocar nombre de la variable prácticas, Ejemplo INICIO prácticas)

**Connection:** Elegir 2-Ethernet, este el protocolo de comunicación para el PLC Schneider configurado en el paso 5.

**Port:** Se elige bit address

**Date Type:** Se elige W5, el cual nos proporciona lectura y escritura de bobinas (Figura 7)

Dirección de Palabra (Word)	Código de Función (HEX)	Longitud de Datos	Lectura o Escritura
3	04 (Leer dirección de entrada)	16 bits	Solo Lectura
	06 (Escribir dirección individual de retención)		
	10 (Escribir múltiples bobinas)		
4	03 (Leer múltiples direcciones de retención)	16 bits	Lectura/Escritura
	06 (Escribir dirección individual de retención)		
	10 (Escribir múltiples bobinas)		
W5	03 (Leer múltiples direcciones de retención)	16 bits	Lectura/Escritura
	06 (Escribir dirección individual de retención)		
	10 (Escribir múltiples bobinas)		
W6	03 (Leer múltiples direcciones de retención)	16 bits	Lectura/Escritura
	DF (Escribir múltiples direcciones)		

Dirección de Bit	Código de Función (HEX)	Longitud de Datos	Lectura o Escritura
0	01 (Leer bobinas)	16 bits	Lectura/Escritura
	05 (Escribir bobina individual)		
	0F (Escribir múltiples bobinas)		
1	02 (Leer entradas discretas)	16 bits	Solo Lectura
	05 (Escribir bobina individual)		
	0F (Escribir múltiples bobinas)		
W5	01 (Leer bobinas)	16 bits	Lectura/Escritura
	05 (Escribir bobina individual)		
	0F (Escribir múltiples bobinas)		
W15	01 (Leer bobinas)	16 bits	Lectura/Escritura
	DF (Escribir múltiples bobinas)		

Figura 7

**Register main No:** Para este ajuste, simplemente debes introducir el número de memoria utilizado en el PLC, sin requerir ningún tipo de conversión. Esto se aplica específicamente al PLC Schneider.



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**Nota:** Para transferir las variables al servicio en la nube, es necesario llevar a cabo este proceso mediante el uso de memorias en la interfaz de programación del PLC.  
Los ajustes restantes pueden permanecer en su configuración predeterminada, y luego clic en el botón OK.

**IV. LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS:**

1. EcoStruxure
2. Computador
3. V-net Access Web

**V. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:**

- 1) Llevar a cabo la ejecución de la secuencia dada en el módulo de ensamblaje pasador
- 2) Transferir los datos desde el controlador lógico programable Schneider hacia el servicio en la nube V-NET.

**VI. RECOMENDACIONES:**





# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

## GUÍA DE PRÁCTICA

**FACULTAD:** INFORMÁTICA Y ELECTRONICA  
**CARRERA:** INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN  
**ASIGNATURA:** TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

**ESTUDIANTE:**  
**CODIGO:**

**PRÁCTICA N°:** 02

<b>I. TEMA:</b> Desarrollar una interfaz de usuario (HMI) utilizando la interfaz de diseño Cloud SCADA de la plataforma V-NET
<b>II. OBJETIVO:</b> 1. Facilitar a los estudiantes de Automatización Industrial la capacidad de diseñar e implementar soluciones prácticas de Internet Industrial de las Cosas en entornos de automatización.
<b>III. INSTRUCCIONES:</b> 1. Ingresar a la plataforma V-net Access.  Para entrar en la plataforma V-net se accede, al enlace proporcionado y se ingresa las credenciales siguientes: <a href="https://asean.v-box.net/web/htmlnew/user/login.html">https://asean.v-box.net/web/htmlnew/user/login.html</a>  <b>USUARIO:</b> ESPOCH2023 <b>CONTRASEÑA:</b> #ensamblajebasetapapasador*

Figura 1



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

2. Se accede a la plataforma de diseño CLOUD SCADA y, a continuación, se despliega el menú 'Service' para seleccionar la opción 'Cloud Scada'.

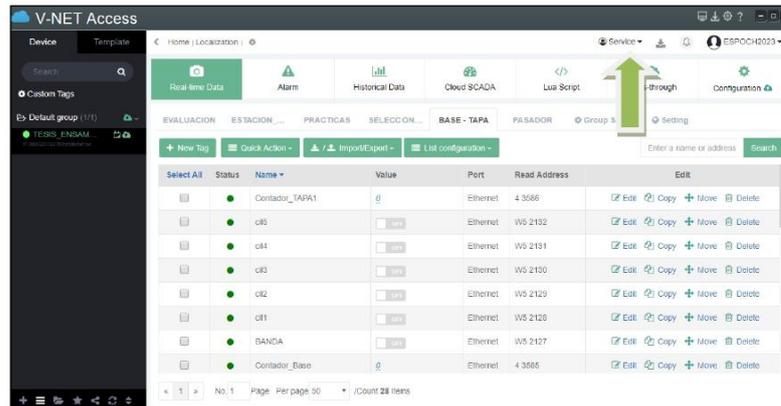


Figura 2

3. Una nueva ventana en nuestro navegador, denominada 'WEB CLOUD CONFIG', se abrirá, y desde allí se selecciona el menú 'PRACTICAS'.

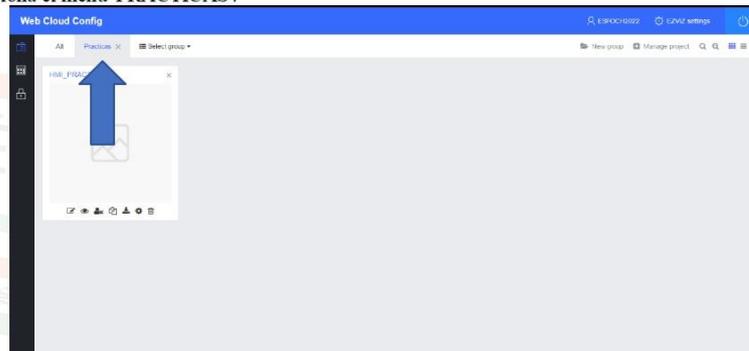


Figura 3

4. En este paso, se genera un proyecto nuevo, al que se denomina 'HMI\_PRACTICA'. Se Guarda el proyecto en la categoría de 'Practicas', y luego se procede a configurar el entorno de diseño del HMI siguiendo las indicaciones presentadas en la figura 4.



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

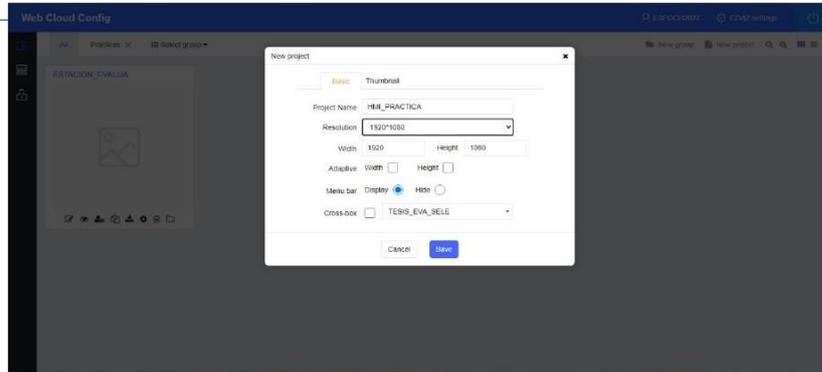


Figura 4

5. Se accede al entorno de diseño haciendo clic en el icono que representa un lápiz y una hoja como se ve en la figura 5. Este entorno de diseño, tal como se ilustra en la figura 6, cuenta con todas las herramientas fundamentales para la creación de interfaces de usuario (HMI) directamente en la web.

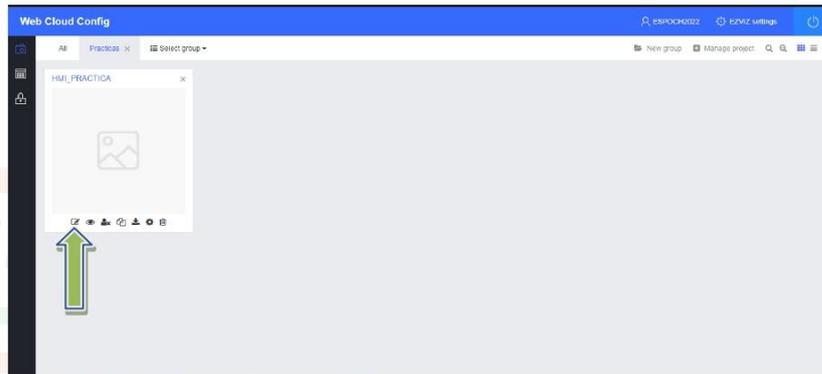


Figura 5



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

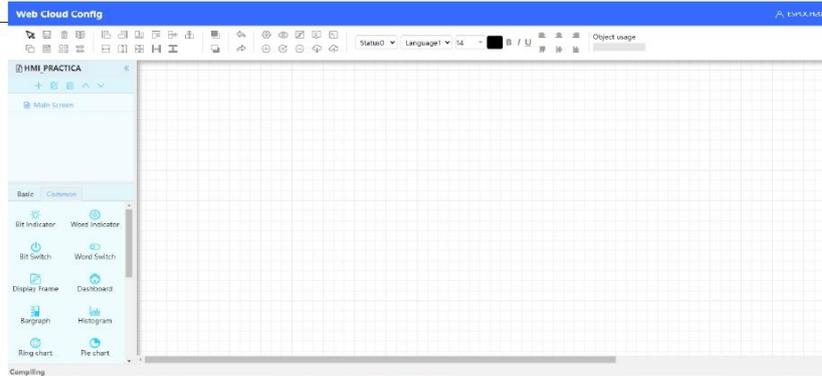


Figura 6

## 6. Creando indicadores y objetos

El panel ubicado en la esquina inferior izquierda presenta diversos elementos indicadores, como LEDs, displays, botones y dispositivos de alarma, entre otros.

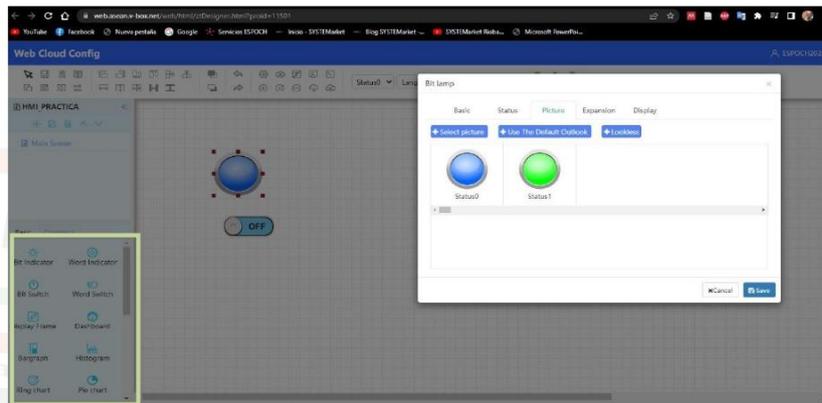


Figura 7

## 7. Vinculación de variables con los elementos del HMI.



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Para establecer la conexión entre las variables y los elementos del HMI, se procede a dar doble clic sobre el elemento indicador y se selecciona la pestaña 'SELECT'. En esta pestaña, se opta por el grupo denominado 'PRACTICAS', en el cual, una vez importadas todas las variables. Se puede crear un interfaz HMI

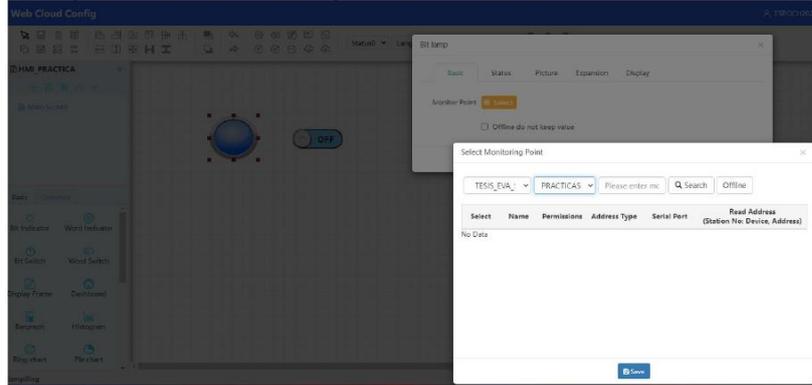
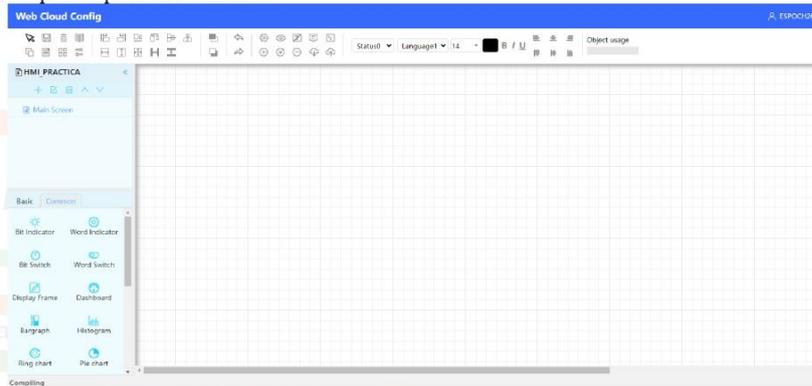


Figura 8

8. Al finalizar el diseño, para visualizar el proceso, simplemente se hace clic en el ícono con forma de ojo ubicado en la parte superior de la interfaz.



#### IV. LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS:

1. EcoStruxure
2. Computador
3. V-net Access Web



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**V. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:**

1. Desarrollo de una interfaz de usuario (HMI) elemental utilizando la interfaz de diseño proporcionada por Cloud SCADA en la plataforma V-NET

**VI. RECOMENDACIONES:**





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 23/ 11/ 2023

<b>INFORMACIÓN DE LOS AUTORES</b>	
<b>Nombres – Apellidos:</b> Kevin David Macas Rivera, Marlon Alexander Ramirez Torres	
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>	
<b>Facultad:</b> Informática y Electrónica	
<b>Carrera:</b> Electrónica y Automatización	
<b>Título a optar:</b> Ingeniero en Electrónica y Automatización	
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>	 Ing. Fernanda Arévalo M.

