



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE  
MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL**

**Línea de investigación:  
Sistemas inteligentes, robótica, domótica**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

**Autor:**

Cayata Sotelo, Gian Carlos Bladimir

**Asesor:**

Rosales Fernández, José Hilarión  
(ORCID: 0000-0001-8402-2466)

**Jurado:**

Flores Masías, Edward José  
Pastor Castillo, José Enrique  
Peña Carrillo, Cesar Serapio












**Lima - Perú**

**2023**

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	1A_Cayata Sotelo Gian Carlos.docx (D156725391)
<b>Submitted</b>	2023-01-23 17:03:00 UTC+01:00
<b>Submitted by</b>	Gustavo
<b>Submitter email</b>	gdextre@unfv.edu.pe
<b>Similarity</b>	9%
<b>Analysis address</b>	gdextre.unfv@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/document/zpn9olry-diseno-sistema-automatico-control-desaireador-calderos-empresa-agroindustrial.html">https://1library.co/document/zpn9olry-diseno-sistema-automatico-control-desaireador-calderos-empresa-agroindustrial.html</a> Fetched: 7/25/2020 2:47:33 AM		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8211">https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8211</a> Fetched: 9/8/2022 2:18:25 AM		3
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.queroautomation.com/los-5-niveles-">https://www.queroautomation.com/los-5-niveles-</a> Fetched: 1/23/2023 5:04:00 PM		2
<b>SA</b>	<b>PROYECTO BORRADORfinal.docx</b> Document PROYECTO BORRADORfinal.docx (D11390801)		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/">https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/</a> Fetched: 1/23/2023 5:07:00 PM		3
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/">https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/</a> Fetched: 1/23/2023 5:07:00 PM		1
<b>SA</b>	<b>Tesis Electronica.txt</b> Document Tesis Electronica.txt (D11205439)		1
<b>SA</b>	<b>1424330172_TESIS para pasar a urkun.docx</b> Document 1424330172_TESIS para pasar a urkun.docx (D13287205)		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.premac.co/medidor-de-gas-de-">https://www.premac.co/medidor-de-gas-de-</a> Fetched: 1/23/2023 5:07:00 PM		2
<b>SA</b>	<b>INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO 17 DE JULIO KLEBER SANDOVAL JCG PRUEBAS 2 CORREGIDO JCG.docx</b> Document INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO 17 DE JULIO KLEBER SANDOVAL JCG PRUEBAS 2 CORREGIDO JCG.docx (D98720992)		1
<b>SA</b>	<b>TESIS TERMINADO.docx</b> Document TESIS TERMINADO.docx (D40564325)		1



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE  
MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL.

Línea de Investigación:

Sistemas inteligentes, robótica, domótica

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Autor

Cayata Sotelo, Gian Carlos Bladimir

Asesor

José Hilarión Rosales Fernández  
(ORCID: 0000-0001-8402-2466)

Jurado

Flores Masías, Edward José  
Pastor Castillo, José Enrique  
Peña Carrillo, Cesar Serapio

Lima – Perú

2023

### ***Dedicatoria***

*A Dios quien ha sido mi guía, quien siempre me ha dado una luz de esperanza en medio de tantas adversidades. A mi madre y abuela quienes con su amor y confianza me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. A mi familia por darme palabras de aliento que me permitieron dar un esfuerzo más para conseguir mis objetivos.*

### ***Agradecimiento***

*Quiero agradecer al Instituto Nacional de Calidad por permitirme realizar la investigación dentro de sus instalaciones. Agradecer a todas esas personas que no dudaron en compartir sus conocimientos y experiencias conmigo.*

## *Índice*

<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.1.1 Descripción del problema .....	13
1.1.2 Formulación del problema .....	14
1.2 ANTECEDENTES .....	14
1.2.1 Antecedentes Nacionales.....	14
1.2.2 Antecedentes Internacionales.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Objetivo General .....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	19
1.5 HIPÓTESIS .....	20
1.5.1 Hipótesis General.....	20
1.5.2 Hipótesis específicas.....	20
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1 Automatización.....	22
2.1.2 Sistema de control .....	24
2.1.3 Motor trifásico.....	25
2.1.4 ventilador centrífugo industrial o soplador industrial .....	28
2.1.5 Variador de frecuencia.....	30
2.1.6 Válvula proporcional.....	33
2.1.7 Caudalímetro .....	34
2.1.8 Controlador Lógico Programable (PLC).....	35
2.1.9 HMI .....	39
2.1.10 TIA PORTAL .....	39
2.1.11 Calidad.....	40
2.1.12 verificación inicial .....	40
2.1.13 Gas natural .....	40
2.1.14 Medidor de gas natural .....	42
<b>III. MÉTODO.....</b>	<b>45</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	45
3.1.1 Diseño de investigación .....	46

3.2	ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL.....	46
3.2.1	Ámbito temporal.....	46
3.2.2	Ámbito Espacial.....	46
3.3	VARIABLES.....	46
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.5	INSTRUMENTOS.....	48
3.6	PROCEDIMIENTOS.....	49
3.6.1	Análisis del sistema actual (sistema de control manual de flujo).....	49
3.6.2	Análisis del sistema diseñado (sistema de control automático de flujo).....	53
3.6.3	Crear proyecto - Sistema de control automático de flujo en TIA PORTAL V17.....	56
3.6.4	Crear bloques de funciones.....	61
3.6.5	Escalamiento y normalización de datos.....	63
3.6.6	Ejecución del Sistema de control automático de flujo.....	67
3.6.7	Manipulación del HMI del sistema de control automático de flujo.....	70
3.6.8	Criterio de selección de componentes.....	74
3.7	ANÁLISIS DE DATOS.....	77
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>78</b>
4.1	DESARROLLO DE LOS ÍTEMS DEL PRE TEST Y POST TEST PARA LA DIMENSIÓN HARDWARE.....	78
4.1.1	ÍTEM 1: Brinda seguridad física al técnico del laboratorio.....	78
4.1.2	ÍTEM 2: Brinda confiabilidad para su uso.....	79
4.1.3	ÍTEM 3: El variador de frecuencia no es manipulado manualmente para regular el flujo.....	80
4.1.4	ÍTEM 4: La válvula de control de ingreso de aire es adecuada para regular el flujo.....	81
4.1.5	Resultados comparativos generales del pre test y post test de la dimensión hardware.....	82
4.2	DESARROLLO DE LOS ÍTEMS DEL PRE TEST Y POST TEST PARA LA DIMENSIÓN SOFTWARE.....	83
4.2.1	ÍTEM 1: Brinda confiabilidad a la hora de mostrar el flujo.....	83
4.2.2	ÍTEM 2: Posee clave de protección ante posibles modificaciones.....	84
4.2.3	ÍTEM 3: La respuesta del software es rápida.....	85
4.2.4	ÍTEM 4: Muestra gráficos para comprender el comportamiento del flujo.....	86
4.2.5	ÍTEM 5: Le resulta sencillo el uso del software.....	87
4.2.6	Resultados comparativos generales del pre test y post test de la dimensión Software.....	88
4.3	DESARROLLO DE LOS ÍTEMS DEL PRE TEST Y POST TEST PARA LA DIMENSIÓN EFICIENCIA.....	89
4.3.1	ÍTEM 1: El presente sistema posee rutinas de ensayo para reducir los tiempos de verificación de cada medidor.....	89
4.3.2	ÍTEM 2: En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular el variador de frecuencia.....	90
4.3.3	ÍTEM 3: En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular la válvula de ingreso de aire.....	91
4.3.4	ÍTEM 4: No es necesario trasladarse para detener el proceso de verificación por algún fallo de los equipos.....	92

4.3.5 ÍTEM 5: Se ha aminorado el tiempo de uso del soplador industrial por cada medidor verificado.....	93
4.3.6 ÍTEM 6: Se ha aminorado el tiempo de uso del variador de frecuencia por cada medidor verificado. ....	94
4.3.7 Resultados comparativos generales del pre test y post test de la dimensión eficiencia.....	95
4.4 DESARROLLO DE LOS ÍTEMS DEL PRE TEST Y POST TEST PARA LA DIMENSIÓN EFICACIA.....	96
4.4.1 ÍTEM 1: En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan buena es la calidad de servicio brindada laboratorio de flujo se gases? .....	96
4.4.2 ÍTEM 2: Califique la confiabilidad del laboratorio de flujo de gases cuando emiten los resultados de los medidores verificados, en una escala del 1 al 5.....	97
4.4.1 ÍTEM 3: El laboratorio de flujo de gases cumple con la entrega del medidor verificado en la fecha que indica. ....	98
4.4.1 ÍTEM 4: Considera que no hay reclamos hacia el laboratorio de flujo de gases. ....	99
4.4.1 Resultados comparativos generales del pre test y post test de la dimensión Eficacia. ....	100
4.5 RESULTADOS COMPARATIVOS GENERALES DEL PRE TEST Y POST TEST. ....	101
4.5.1 Resultados comparativos generales del pre test y post test de todas las dimensiones.....	101
4.6 RESULTADOS INFERENCIALES .....	102
4.6.1 Pruebas de Normalidad del pre test (sistema de control manual de flujo).....	102
4.6.2 Prueba de hipótesis general del pre test.....	103
4.6.3 Prueba de hipótesis específica de la dimensión eficiencia del pre test.....	104
4.6.4 Prueba de hipótesis específica de la dimensión eficacia del pre test.....	105
4.7.1 Pruebas de Normalidad del post test (sistema de control automático de flujo).....	107
4.7.2 Prueba de hipótesis General del post test .....	107
4.7.3 Prueba de hipótesis específica de la dimensión eficiencia del post test .....	109
4.7.4 Prueba de hipótesis específica de la dimensión eficacia del post test .....	110
<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>111</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>112</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
<b>VIII. REFERENCIAS .....</b>	<b>114</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>120</b>

## *Índice de figuras*

<b>FIGURA 1 NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 2 CONTROL DE LAZO ABIERTO .....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 3 CONTROL DE LAZO CERRADO .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 4 PARTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO ASÍNCRONO DE ROTOR EN JAULA DE ARDILLA .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 5 ESQUEMA TEÓRICO DEL ESTATOR DE UN MOTOR TRIFÁSICO ASÍNCRONO .....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 6 PRINCIPALES PARTES DE UN VENTILADOR CENTRÍFUGO .....</b>	<b>30</b>
<b>FIGURA 7 LA CONFIGURACIÓN DE UN VARIADOR, CON PWM .....</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 8 PARTES DE UN PROGRAMADOR LÓGICO CONTROLABLE S7-1200.....</b>	<b>36</b>
<b>FIGURA 9 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL .....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 10 MEDIDOR DE GAS DE DIAFRAGMA O MEMBRANA Y PARTES INTERNAS Y EXTERNAS.....</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA 11 MEDIDOR DE GAS DE TIPO ROTATIVO Y LÓBULOS INTERNOS.....</b>	<b>44</b>
<b>FIGURA 12 SISTEMA DE CONTROL MANUAL DE FLUJO .....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 13 SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO.....</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA 14 TABLERO DE CONTROL DEL SISTEMA .....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 15 CREAR PROYECTO PARA UN PLC S7-1200 CON TIA PORTAL V17 .....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 16 SELECCIÓN DEL PLC S7-1200 1214 DC/DC/DC Y SALIDA ANALÓGICA.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 17 VISTA DE DISPOSITIVOS (PLC S7-1200 Y SALIDA ANALÓGICA) .....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 18 SELECCIÓN DE HMI KTP700 BASIC .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 19 VISTA DEL PANEL HMI KTP 700.....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 20 CONTRASEÑA ASIGNADA PARA PROTEGER LA PROGRAMACIÓN .....</b>	<b>59</b>
<b>FIGURA 21 AJUSTE DE LA DIRECCIÓN IP EN LA INTERFAZ.....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 22 CREAMOS EL BLOQUE MAIN [OB1].....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 23 CREAMOS EL BLOQUE FUNCIÓN FC .....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 24 CREAMOS EL BLOQUE DE DATOS DB .....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 25 ESCALAMIENTO DE DATOS ANALÓGICOS.....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 26 GRÁFICO DEL ESCALAMIENTO LINEAL DE UNA VÁLVULA DE CONTROL PROPORCIONAL .....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 27 GRÁFICO DEL ESCALAMIENTO DE UN CAUDALÍMETRO .....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 28 GRÁFICO DEL ESCALAMIENTO LINEAL DEL VARIADOR DE FRECUENCIA .....</b>	<b>66</b>
<b>FIGURA 29 PRE EJECUCIÓN DEL MAIN [OB1].....</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 30 COMPILACIÓN DEL PROGRAMA REALIZADO EN EL MAIN [OB1] .....</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 31 PROGRAMA EJECUTADO SATISFACTORIAMENTE .....</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 32 EJECUCIÓN DEL WINC RT.....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURA 33 SIMULADOR WINC RT EJECUTADO SATISFACTORIAMENTE .....</b>	<b>69</b>

<b>FIGURA 34</b>	<b>SELECCIONAR RUTINA DEL MEDIDOR .....</b>	<b>70</b>
<b>FIGURA 35</b>	<b>RUTINA DE MEDIDOR SELECCIONADA .....</b>	<b>70</b>
<b>FIGURA 36</b>	<b>EJECUCIÓN DE LA RUTINA SELECCIONADA.....</b>	<b>71</b>
<b>FIGURA 37</b>	<b>EJECUCIÓN DE LA RUTINA EN PROGRESO .....</b>	<b>71</b>
<b>FIGURA 38</b>	<b>VISUALIZACIÓN DE CURVAS DE COMPORTAMIENTO DEL FLUJO.....</b>	<b>72</b>
<b>FIGURA 39</b>	<b>EJECUCIÓN DE LA RUTINA FINALIZADA .....</b>	<b>72</b>
<b>FIGURA 40</b>	<b>ACTIVACIÓN DE ALARMAS.....</b>	<b>73</b>
<b>FIGURA 41</b>	<b>REPRESENTACIÓN DEL PRE TEST Y EL POST TEST DE LA DIMENSIÓN HARDWARE – ÍTEM 1. ....</b>	<b>78</b>
<b>FIGURA 42</b>	<b>REPRESENTACIÓN DEL PRE TEST Y EL POST TEST DE LA DIMENSIÓN HARDWARE – ÍTEM 2. ....</b>	<b>79</b>
<b>FIGURA 43</b>	<b>REPRESENTACIÓN DEL PRE TEST Y EL POST TEST DE LA DIMENSIÓN HARDWARE – ÍTEM 3. ....</b>	<b>80</b>
<b>FIGURA 44</b>	<b>REPRESENTACIÓN DEL PRE TEST Y EL POST TEST DE LA DIMENSIÓN HARDWARE – ÍTEM 4. ....</b>	<b>81</b>
<b>FIGURA 45</b>	<b>PRE TEST Y POST TEST DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES PARA LA DIMENSIÓN HARDWARE. ....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 46</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN SOFTWARE-ÍTEM 1. ....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 47</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN SOFTWARE-ÍTEM 2. ....</b>	<b>84</b>
<b>FIGURA 48</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN SOFTWARE-ÍTEM 3. ....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 49</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN SOFTWARE-ÍTEM 4. ....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA 50</b>	<b>REPRESENTACIÓN DEL PRE TEST Y EL POST TEST DE LA DIMENSIÓN SOFTWARE – ÍTEM 5. ....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA 51</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST TOTALES DE LA DIMENSIÓN SOFTWARE. ..</b>	<b>88</b>
<b>FIGURA 52</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 1. ....</b>	<b>89</b>
<b>FIGURA 53</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 2. ....</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA 54</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 3. ....</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 55</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 4. ....</b>	<b>92</b>
<b>FIGURA 56</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 5. ....</b>	<b>93</b>
<b>FIGURA 57</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 6. ....</b>	<b>94</b>
<b>FIGURA 58</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST TOTALES DE LA DIMENSIÓN EFICIENCIA. ....</b>	<b>95</b>
<b>FIGURA 59</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICACIA-ÍTEM 1. ....</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA 60</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICACIA-ÍTEM 2. ....</b>	<b>97</b>
<b>FIGURA 61</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICACIA-ÍTEM 3. ....</b>	<b>98</b>
<b>FIGURA 62</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST DE LA DIMENSIÓN EFICACIA-ÍTEM 4. ....</b>	<b>99</b>
<b>FIGURA 63</b>	<b>REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PRE TEST Y POST TEST TOTALES DE LA DIMENSIÓN EFICACIA. ....</b>	<b>100</b>
<b>FIGURA 64</b>	<b>PRE TEST Y POST TEST DEL TOTAL DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES. ....</b>	<b>101</b>

## *Índice de tablas*

<b>TABLA 1</b> TABLA DE COMPARACIÓN DE MODELOS DE PLC S7-1200 .....	<b>39</b>
<b>TABLA 2</b> CONTENIDO DE MÉTODOS .....	<b>48</b>
<b>TABLA 3</b> CÁLCULO DE LOS CAUDALES A VERIFICAR, PARA DIFERENTES TAMAÑOS DE MEDIDORES .....	<b>51</b>
<b>TABLA 4</b> CONFIGURACIÓN DE VARIABLES DEL PLC .....	<b>60</b>
<b>TABLA 5</b> ESCALAMIENTO LINEAL DE LA VÁLVULA DE CONTROL PROPORCIONAL .....	<b>64</b>
<b>TABLA 6</b> ESCALAMIENTO LINEAL DEL CAUDALÍMETRO .....	<b>65</b>
<b>TABLA 7</b> ESCALAMIENTO LINEAL DEL VARIADOR DE FRECUENCIA .....	<b>66</b>
<b>TABLA 8</b> SELECCIÓN DE VÁLVULA DE CONTROL .....	<b>74</b>
<b>TABLA 9</b> SELECCIÓN DE CAUDALÍMETRO .....	<b>75</b>
<b>TABLA 10</b> SELECCIÓN DE PLC .....	<b>76</b>
<b>TABLA 11</b> DIMENSIÓN HARDWARE – ÍTEM 1 .....	<b>78</b>
<b>TABLA 12</b> DIMENSIÓN HARDWARE – ÍTEM 2 .....	<b>79</b>
<b>TABLA 13</b> DIMENSIÓN HARDWARE – ÍTEM 3 .....	<b>80</b>
<b>TABLA 14</b> DIMENSIÓN HARDWARE – ÍTEM 4 .....	<b>81</b>
<b>TABLA 15</b> PRE TEST Y POST TEST DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES PARA LA DIMENSIÓN HARDWARE .....	<b>82</b>
<b>TABLA 16</b> DIMENSIÓN SOFTWARE – ÍTEM 1 .....	<b>83</b>
<b>TABLA 17</b> DIMENSIÓN SOFTWARE – ÍTEM 2 .....	<b>84</b>
<b>TABLA 18</b> DIMENSIÓN SOFTWARE – ÍTEM 3 .....	<b>85</b>
<b>TABLA 19</b> DIMENSIÓN SOFTWARE – ÍTEM 4 .....	<b>86</b>
<b>TABLA 20</b> DIMENSIÓN SOFTWARE – ÍTEM 5 .....	<b>87</b>
<b>TABLA 21</b> PRE TEST Y POST TEST DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES PARA LA DIMENSIÓN SOFTWARE. ....	<b>88</b>
<b>TABLA 22</b> DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 1 .....	<b>89</b>
<b>TABLA 23</b> DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 2 .....	<b>90</b>
<b>TABLA 24</b> DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 3 .....	<b>91</b>
<b>TABLA 25</b> DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 4 .....	<b>92</b>
<b>TABLA 26</b> DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 5 .....	<b>93</b>
<b>TABLA 27</b> DIMENSIÓN EFICIENCIA-ÍTEM 6 .....	<b>94</b>
<b>TABLA 28</b> PRE TEST Y POST TEST DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES PARA LA DIMENSIÓN EFICIENCIA. ....	<b>95</b>
<b>TABLA 29</b> DIMENSIÓN EFICACIA-ÍTEM 1 .....	<b>96</b>
<b>TABLA 30</b> DIMENSIÓN EFICACIA-ÍTEM 2 .....	<b>97</b>
<b>TABLA 31</b> DIMENSIÓN EFICACIA-ÍTEM 3 .....	<b>98</b>
<b>TABLA 32</b> DIMENSIÓN EFICACIA-ÍTEM 4 .....	<b>99</b>
<b>TABLA 33</b> PRE TEST Y POST TEST DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES PARA LA DIMENSIÓN EFICACIA. ....	<b>100</b>
<b>TABLA 34</b> PRE TEST Y POST TEST DEL TOTAL DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES. ....	<b>101</b>

<b>TABLA 35</b> PRUEBAS DE NORMALIDAD DEL TOTAL DE DIMENSIONES DEL PRE TEST. ....	<b>103</b>
<b>TABLA 36</b> PRUEBAS DE HIPÓTESIS GENERAL DEL PRE TEST .....	<b>104</b>
<b>TABLA 37</b> PRUEBAS DE HIPÓTESIS ESPECIFICA DE LA EFICIENCIA DEL PRE TEST .....	<b>105</b>
<b>TABLA 38</b> PRUEBAS DE HIPÓTESIS ESPECIFICA DE LA EFICACIA DEL PRE TEST .....	<b>106</b>
<b>TABLA 39</b> PRUEBAS DE NORMALIDAD DEL TOTAL DE DIMENSIONES DEL POST TEST. ....	<b>107</b>
<b>TABLA 40</b> PRUEBAS DE HIPÓTESIS GENERAL DEL POST TEST .....	<b>108</b>
<b>TABLA 41</b> PRUEBAS DE HIPÓTESIS ESPECIFICA DE LA EFICIENCIA DEL POST TEST.....	<b>109</b>
<b>TABLA 42</b> PRUEBAS DE HIPÓTESIS ESPECIFICA DE LA EFICACIA DEL POST TEST .....	<b>110</b>

### *Índice de anexos*

<b>ANEXO A</b> .....	<b>120</b>
<b>ANEXO B</b> .....	<b>121</b>
<b>ANEXO C</b> .....	<b>133</b>
<b>ANEXO D</b> .....	<b>148</b>
<b>ANEXO E</b> .....	<b>149</b>
<b>ANEXO F</b> .....	<b>150</b>

## RESUMEN

Los medidores de gas de uso industrial se usan en los colectores de cabeza de pozo, en las estaciones de compresión, en los sistemas de distribución de gas y plantas químicas de procesamiento, antes de ser instalados estos deben cumplir con una verificación inicial la cual certificara que el medidor cuenta adecuadamente el volumen de gas que pasara por este. El objetivo fue determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial. La investigación fue de tipo aplicada a nivel descriptivo - explicativo, diseño experimental - transversal sobre determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial. Los resultados fueron satisfactorios y superiores a las expectativas de los técnicos de laboratorio, lo que les permitirá atender los servicios de verificación inicial de los medidores de gas de una manera más eficiente. Las conclusiones de implementar un sistema de control automático de flujo para mejorar la calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial fueron de un 50,53% en términos generales; Del mismo modo, existe un incremento significativo para la dimensión hardware del 58,00%; También existe un incremento significativo del 56,40 % para la dimensión software; Así mismo existe un incremento significativo del 54,33 % para la dimensión eficiencia .Por último, existe un incremento significativo del 30,50% para la dimensión eficacia del sistema de control automático de flujo.

**Palabras clave:** verificación inicial, medidores de gas de uso industrial, volumen de gas, control automático de flujo.

## ABSTRACT

Gas meters for industrial use are used in wellhead collectors, in compression stations, in gas distribution systems and chemical processing plants, before being installed they must comply with a verification which will certify that the meter adequately counts the volume of gas that will pass through it. The objective was to determine the influence of an automatic flow control system on the quality of service of initial verification of gas meters for industrial use, in the province of Lima, district of San Borja in the year 2021. The research was applied at a descriptive - explanatory level, experimental-transversal design on determining the influence of an automatic flow control system on the quality of service of initial verification of gas meters for industrial use. The results were satisfactory and exceeded the expectations of the laboratory technicians, which will allow them to attend to the initial verification services of the gas meters in a more efficient manner. The conclusions of implementing an automatic flow control system to improve the quality of the initial verification service for gas meters for industrial use were 50,53% in general terms; Similarly, there is a significant increase for the hardware dimension of 58,00%; there is also a significant increase of 56,40% for the software dimension; Likewise, there is a significant increase of 54,33% for the efficiency dimension. Finally, there is a significant increase of 30,50% for the efficiency dimension of the automatic flow control system.

**Keywords:** initial verification, industrial gas meters, gas volume, automatic flow control.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción y formulación del problema

#### 1.1.1 Descripción del problema

Según lo establecido por la Norma Metrológica Peruana Legal, los medidores de gas de uso industrial deben ser verificados inicialmente como mínimo en seis puntos a lo largo de todo su alcance antes de ser puestos en servicio.

El laboratorio de flujo de gases del INACAL (Instituto Nacional de Calidad) cuenta con un banco de medición para realizar las verificaciones iniciales de los medidores de gas de uso industrial, en la cual el encargado de realizar esta labor es el técnico del laboratorio; para realizar las verificaciones, este regula el potenciómetro del variador de frecuencia y la válvula de bola que está ubicada en la línea de ingreso de aire donde se instalan los medidores de gas a fin de ajustar así el flujo de aire que ingresara al medidor, logrando de esta manera verificar un punto.

Para realizar otro punto del medidor que se está verificando, se tiene que volver a regular el potenciómetro y la válvula de ingreso de aire con la finalidad de alcanzar el valor de flujo deseado, a raíz de este proceso se ha logrado identificar los siguientes problemas:

\*Pérdida de tiempo por parte del técnico de laboratorio, ya que este se traslada cada intervalo de tiempo de un lugar a otro para cambiar el flujo de manera manual.

\*Error por parte del técnico al momento de ajustar el flujo, lo cual generaría que este tenga que reajustar el potenciómetro del variador de frecuencia y la válvula de compuerta para lograr verificar el punto deseado.

\*El tiempo que dura la verificación inicial en uno de sus puntos podría ser excesivo, ya que el técnico de laboratorio no contempla con exactitud el tiempo que dura cada punto a verificar.

\*El flujo de ingreso de aire es inestable cada vez que se ajusta el caudal deseado.

### ***1.1.2 Formulación del problema***

#### **1.1.2.1 Pregunta General**

- ❖ ¿De qué manera un sistema de control automático de flujo influye en la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial?

#### **1.1.2.2 Preguntas Específicas**

- ❖ ¿De qué manera un sistema de control automático de flujo influye en la eficiencia de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial?
- ❖ ¿De qué manera un sistema de control automático de flujo influye en la eficacia de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial?

## **1.2 Antecedentes**

### ***1.2.1 Antecedentes Nacionales***

Díaz (2018). En su trabajo “Sistema de control de flujo para presión constante de suministro de agua utilizando PLC en un edificio del instituto de ciencias y humanidades”. Indico que el campus del Instituto de Ciencias y Humanidades está ubicado el distrito de Breña, requiere modernizar su sistema de distribución de agua, el cual en la situación actual cuenta con un sistema de tanques elevados que posee muchos inconvenientes en la entrega de agua y consumo de energía eléctrica, entre otros aspectos. Al crear un sistema de presión constante, mejorará la distribución del agua, se ahorrará energía y habrá mayor duración de los equipos; Por lo que mejorará el aspecto económico. En el presente trabajo se pretende conseguir este objetivo, cuando esto se haga, se automatizará el sistema de entrega de elementos líquidos.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario estudiar todos los requerimientos del nuevo sistema para que este sea posible y determinar las características, dimensiones de los materiales utilizados e invertir en la compra de equipos. El sistema de ejecución está formado principalmente por variador de frecuencia de marca Siemens, PLC LOGO, sensor de presión marca Danfoss y 3 motores WED de posición vertical.

Por otro lado, Vargas (2021) Menciona que el objetivo su investigación se fundamentó en el diseño e implementación de un sistema de control automático para dos hornos a vapor para la elaboración de embutidos mediante el uso de herramientas lean manufacturing, esto beneficiara dentro del desarrollo de los procesos y procedimiento de producción de embutidos, mejora de los procesos y procedimientos. La industria alimentaria en nuestro país se encuentra en pleno crecimiento y se requiere de la automatización. Dentro del enfoque de la mejora de procesos la automatización, es un pilar fundamental para el bienestar de la industria alimentaria se utilizaron la programación de panel como el HMI de la marca SIEMENS, la cual presente una serie de ventajas como la eficiencia en el control de temperatura y humedad de los procesos, factores que son indispensables para la industria, además de llevar el control de los sensores, válvulas y control de encendido y apagado. Con el desarrollo del sistema de control automático se obtuvo muchos beneficios como la reducción de costos, mejora en los procesos y procedimientos de la producción de embutidos, los cuales benefician a la empresa, además del desarrollo del trabajo en equipo de todos los integrantes del área de producción, en cuanto al análisis del beneficio económico del proyecto, se puede indicar que este es viable en el mediano plazo, con un nivel de retorno menor a nueve (9) meses, lo cual ayudará para seguir desarrollando la producción de la empresa, incrementado la productividad de manera sostenida.

También Fuentes (2020), en su investigación: “Diseño de un sistema automático HMI/SCADA para el control del tanque desaireador del área de calderos de la empresa Agroindustrial Tumán S.A.A.”. Destacó que el objetivo principal de su trabajo de investigación fue diseñar un sistema automático HMI/SCADA para controlar el tanque de descarga en el área de calderas de la Empresa Agroindustrial Tumán para que se pueda restablecer su funcionamiento, el método de respuesta de frecuencia se emplea para configurar el controlador PID (derivado relativo) al nivel del tanque. Además, se utilizó el estudio de metodologías de desarrollo de interfaces, utilizando el PLC SIMATIC S7 300 CPU 314 C-2 PN/DP, HMI SIMATIC KTP

1000 BASIC COLOR PN y el software de programación SIEMENS TIA PORTAL V13. Se requiere para realizar los siguientes equipos y herramientas: 1 PLC, 1 HMI, 1 transmisor de presión diferencial, 2 transmisores de presión proporcional, 2 válvulas de bola, 2 válvulas de mariposa, 2 electrobombas, 2 electroválvulas de 5/2; 1 sensor RTD PT-100 y transmisor de temperatura. Complementando los resultados teóricos obtenidos del método de respuesta en frecuencia utilizando MATLAB y LabVIEW, pudimos verificar la respuesta del sistema y asegurar el funcionamiento eficiente del controlador PID de nivel normal. Finalmente se concluye, que el sistema automático HMI/SCADA para el control del tanque desaireador, Permite mantener un nivel constante que asegura la demanda de agua de la caldera, y elimina el 90% de los gases disueltos contenidos en el agua de alimentación, reduciendo así la corrosión de las tuberías y pudiendo aumentar la temperatura del agua desodorizada hasta 130°C, mejorando la eficiencia térmica de la caldera.

### ***1.2.2 Antecedentes Internacionales***

Cruz (2019) Implementación de sistema de control y supervisión HMI para relleno de tubos de rayos x. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Israel. Quito. Ecuador, En el presente trabajo de titulación se expone el desarrollo y puesta en marcha de un prototipo de máquina de control automático a fin de efectuar el relleno de tubos de rayos X con aceite dieléctrico, con el propósito de ayudar al personal técnico encargado de realizar este proceso de forma manual, de esta manera reducir el tiempo de trabajo involucrado en cada etapa, desde el vacío hasta el relleno del tubo. Para el desarrollo del sistema de control fue necesario investigar cómo funcionan los sistemas neumáticos e hidráulicos, como utilizar dispositivos electrónicos para obtener las señales de estos, como realizar la programación para realizar el control mediante el Arduino Mega. Además, se realizó la programación de la pantalla HMI donde se puede visualizar cada proceso mediante imágenes y palabras concretas según lo que esté realizando en cada momento. Cada proceso es realizado de forma automática, ya que cuenta con sensores de presión y temperatura según cada necesidad, esto ayuda al operador, evitando que tenga que permanecer en vigilia de que todo se vaya haciendo de manera correcta, La conclusión de este sistema es ayudar al técnico encargado a realizar este trabajo, de tal manera que pueda ocupar ese tiempo en cualquiera otra actividad. Palabras claves: Arduino, Rayos X, HMI, automático, presión, nivel.

Tigse & Chiluisa (2021) Diseño de un sistema de control de flujo de aire en un colector solar (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga. Ecuador. Indicaron que su investigación contribuye al estudio del secado del cacao a través de un colector solar, que es para controlar el flujo requerido para conducir el calor concentrado hacia el colector, ya que es importante mantener un flujo continuo dentro del colector y conducir el análisis mediante curvas características en las que se obtienen las características de caudal y temperatura a la

salida del Complejo En el proyecto se previeron varios factores, como la falta de un controlador lógico programable debido a su alto costo, por lo que se desarrolló un microcontrolador accesible tal y como lo es un Arduino Nano que reúne las mismas condiciones que cualquier otro regulador, para ello, el microcontrolador recibe señales claves como: temperatura y caudal de aire, para hacer control PID con caudal de aire variable, de forma similar utilizando un sensor MAF, un tipo de sensor utilizado en autopartes, especialmente en sistemas de admisión, se toma el flujo de aire y se toma y lee la temperatura, proporcionando una señal eléctrica de 0 a 5V, lo que permite ingresar datos al microcontrolador como entrada analógica a través de la programación adecuada, y los datos de la línea se pueden mostrar en un LCD. En la presente investigación se implementa una comunicación serial entre microcontroladores, estos realizarán el control de potencia por medio de un teclado y el control PID para determinar el comportamiento de la temperatura a la salida del colector. El método para ajustar el comportamiento del PID se ajusta experimentalmente, lo que da como resultado una estabilización automática en un punto de ajuste diferente. Gracias al cálculo estadístico chi-cuadrado se analiza la relación entre ambas variables, para comprobar que el caudal másico de aire a la temperatura de salida del colector solar tiene un efecto significativo.

Romero & Jurado (2017) En la presente investigación se desarrolla y construye un Sistema de Control y Protección contra Incendios el cual se adapta y complementa las funciones de un sistema comercial anteriormente implementado en el Hospital General de Macas y cuyo principal objetivo es disminuir los casos de falsas alarmas provocadas por las personas que acuden al hospital e incrementar la eficiencia del personal técnico encargado de supervisarlos. En primera instancia se analizó las opciones tecnológicas para solucionar el problema y darle al proyecto un valor agregado con la integración de dos etapas. La primera de ellas controla el flujo de gas licuado de petróleo (GLP) al área de cocina del hospital mediante el accionamiento automático de una válvula solenoide que impida su circulación en caso de detectarse una fuga.

La segunda etapa controla el funcionamiento de un acceso automatizado al área de hospitalización y permite mantenerlo abierto en caso de requerir una evacuación del personal hospitalario. A continuación, se desarrollaron las etapas del sistema tales como: la etapa de adquisición de datos, encargada de captar las señales provenientes de cada dispositivo que integra el sistema, la etapa de procesamiento de la información y la etapa de interfaz del usuario, encargada de presentar los datos recolectados y procesados mediante un navegador web ejecutado desde un dispositivo móvil o un computador. Con la implementación y uso del sistema, el personal técnico encargado mejoró su eficiencia en respuesta ante una eventual emergencia, es decir, se redujo el tiempo requerido por el operario para identificar y resolver la situación.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

- ❖ Determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- ❖ Determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la eficiencia de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.
- ❖ Determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la eficacia de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

### **1.4 Justificación**

El presente trabajo se justifica tecnológicamente, porque permite automatizar el proceso de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial. Se justifica prácticamente, porque permite optimizar el tiempo de verificación inicial de los medidores de gas de uso industrial. Se justifica socialmente porque los usuarios podrán solicitar que se les verifique más medidores de gas logrando así instalar estos medidores en las diferentes plantas industrias o centros comerciales que lo requieran.

## **1.5 Hipótesis**

### ***1.5.1 Hipótesis General***

- ❖ El sistema de control automático de flujo mejora la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

### ***1.5.2 Hipótesis específicas***

- ❖ La influencia de un sistema de control automático de flujo mejora la eficiencia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.
- ❖ La influencia de un sistema de control automático de flujo mejora la eficacia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación.

Antes de realizar una investigación se debe tener en cuenta conceptos básicos que son esenciales para diseñar cualquier tipo de sistema, a continuación, daremos una breve mención de estos:

- Automatización
- **Sistemas de control**

Ahora mencionaremos los elementos que componen el sistema de control automático de flujo:

- Motor trifásico
- Ventilador centrífugo o soplador industrial
- Variador de frecuencia
- Válvula proporcional
- Caudalímetro
- PLC (controlador lógico programable)
- HMI (interfaz hombre-máquina)
- TIA PORTAL

Las bases teóricas de calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial pueden definirse en:

- **Calidad**
- Verificación inicial
- Gas natural
- Medidor de gas natural

### **2.1.1 Automatización**

Según lo mencionado por Machacado (2009). “Es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana” (p.47).

**2.1.1.1 Niveles de automatización industrial.** Según AUTOMATION (2022) mencionan que hay 5 niveles de automatización industrial, los cuales mencionaremos a continuación:

#### **A. Nivel operativo o de campo.**

Los equipos terminales de datos como los sensores, actuadores, temporizadores, contadores están conectados a un PLC y toda la maquinaria y equipo que se disponga para la producción, son parte de este nivel para la realización de cualquier proceso que posteriormente se automatiza.

#### **B. Nivel de control.**

Este nivel tiene por objetivo controlar procesos secuenciales por medio de ordenadores especializados como los PLCs, que reciben señales de entrada y salida, cuentan con un CPU y memoria que procesa la información cargada o software.

Estos dispositivos son programados para la realización de tareas en tiempos específicos (comandos) y controlar las actividades de producción. Entre este y el primer nivel debe haber una red de comunicación también llamado protocolo de comunicación, el más utilizado es el ethernet y es imprescindible para lograr que los primeros ejecuten las ordenes que envían los controladores.

#### **C. Nivel de supervisión.**

También llamado nivel supervisor o SCADA, su función es la representación gráfica de los anteriores niveles por medio de paneles o pantallas conocidas como HMI. Este nivel se

encarga de crear una interfaz intuitiva entre la máquina, el proceso y el operario facilitando la interacción y supervisión del proceso en tiempo real o histórico.

#### **D. Nivel de integración.**

En este nivel se encuentran los sistemas integradores, al igual que un PLC controla el proceso de un equipo en particular, un sistema MES (manufacturing execution system) se encarga de controlar y supervisar la producción total de toda una planta. Monitorea los procesos de manufactura desde el inicio del proceso hasta el final.

Brinda información estratégica extraída directamente del proceso productivo en tiempo real, esto permite la planificación correcta de la organización, facilita la toma de decisiones, detecta errores, agiliza los procesos, reduce tiempo y baja los costes de producción.

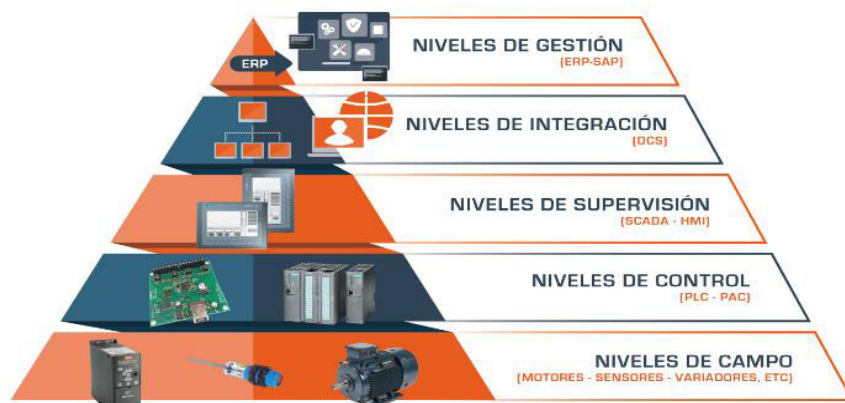
#### **E. Nivel de gestión.**

En la cima de la pirámide se encuentra los sistemas integrales. Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) sistema empresarial o software que controla los recursos de la organización para su mejor planificación.

Brinda información estratégica en tiempo real en áreas operativas y administrativas integrando todos los departamentos de la empresa y a su vez controla los procesos de producción.

### **Figura 1**

*Niveles de automatización industrial*



Fuente. Tomada de AUTOMATION, 2022.

### 2.1.2 Sistema de control

Angulo & Raya (2004) Mencionan que el funcionamiento de un sistema depende de las características e interacciones entre sus elementos. Se denomina sistema de control aquel sistema constituido por un conjunto de elementos conectados de forma que permita regular o controlar otro sistema, denominado planta o proceso.

**2.2.2.1 Tipos de sistema de control.** Según Angulo & Raya (2004) se pueden definir los sistemas de control como:

**A. Control de lazo abierto.** Es aquel esquema de control en que la salida del proceso no afecta a la acción de control, por lo que el control en lazo abierto es muy sensible a perturbaciones y variaciones. Requiere un conocimiento preciso del proceso a controlar y la garantía del correcto funcionamiento del controlador, que no tiene acceso a la salida del proceso.

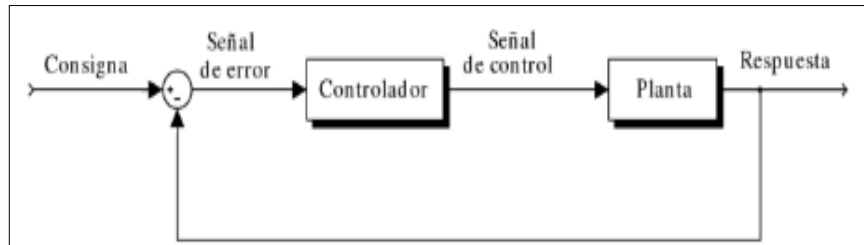
#### Figura 2

*Control de lazo abierto*



Fuente. Tomada de Angulo & Raya, 2004.

**B. Control de lazo cerrado.** El control de lazo cerrado, realimentado o feedback es el mecanismo básico que se utiliza en los procesos, ya sean mecánicos, eléctricos o biológicos, para mantener su equilibrio. Puede definirse como el uso de una diferencia de señales, determinada comparando el valor real de la variable del proceso y el deseado, como medio para controlar el sistema.

**Figura 3***Control de lazo cerrado*

Fuente. Tomada de Angulo &amp; Raya, 2004.

### 2.1.3 Motor trifásico

Sobre la definición de motores eléctricos Enríquez (2004) sostiene que “Los motores eléctricos convierten la energía eléctrica en energía mecánica rotatoria” (p.140).

**2.1.1.1 Partes del motor trifásico.** Los motores eléctricos se conforman de los siguientes elementos (Figura 4), así lo define (Cerdá, 2014, p. 45-46):

**A. Estator:** Es la parte fija de la máquina. En los bobinados del estator es donde se crea el campo magnético giratorio. Este bobinado está arrollado sobre unas placas de material magnético.

**B. Rotor:** Es la parte móvil de la máquina que gira sobre su eje. Ese rotor puede ser de tipo jaula de ardilla o rotor bobinado.

**C. Entrehierro:** Es la separación física entre el estator y el rotor. Al tener una parte móvil y una parte fija, debe haber una separación entre ambas ya que de lo contrario habría un rozamiento. Este entrehierro debe ser lo menor posible.

**D. Caja de conexiones:** Es una caja fácilmente accesible desde el exterior en cuyo interior se encuentran los terminales de conexión eléctrica.

**E. Terminales de conexión eléctrica:** Es la unión física entre la red eléctrica y los bobinados del motor. El número de terminales varía en función de la máquina eléctrica, siendo

lo habitual de seis bornes (dos por cada bobinado). Además, contara con un borne de protección para puesta a tierra.

**F. Eje:** Es la parte visible del movimiento giratorio de la máquina y va ligado al rotor. Sobre este eje se encuentran las siguientes partes: ventilador, chaveta, y rodamientos.

**G. Rodamientos:** Son los puntos de apoyo del eje y permiten el giro libremente. Cada máquina consta de dos rodamientos.

**H. Ventilador:** Para ayudar a refrigerar la parte interna del motor, se aprovecha el movimiento del eje para añadirle una serie de aletas de plástico y así crear una circulación de aire.

**I. Tapa de ventilador:** Tiene la función de cubrir y proteger al ventilador.

**J. Chaveta:** Es una saliente de forma rectangular en el eje que facilita el acople de la carga que debe mover el motor.

**K. Carcasa:** Es la envolvente de la maquina eléctrica, sobre su exterior, se encuentra las fijaciones, las aletas de refrigeración, así como la placa característica.

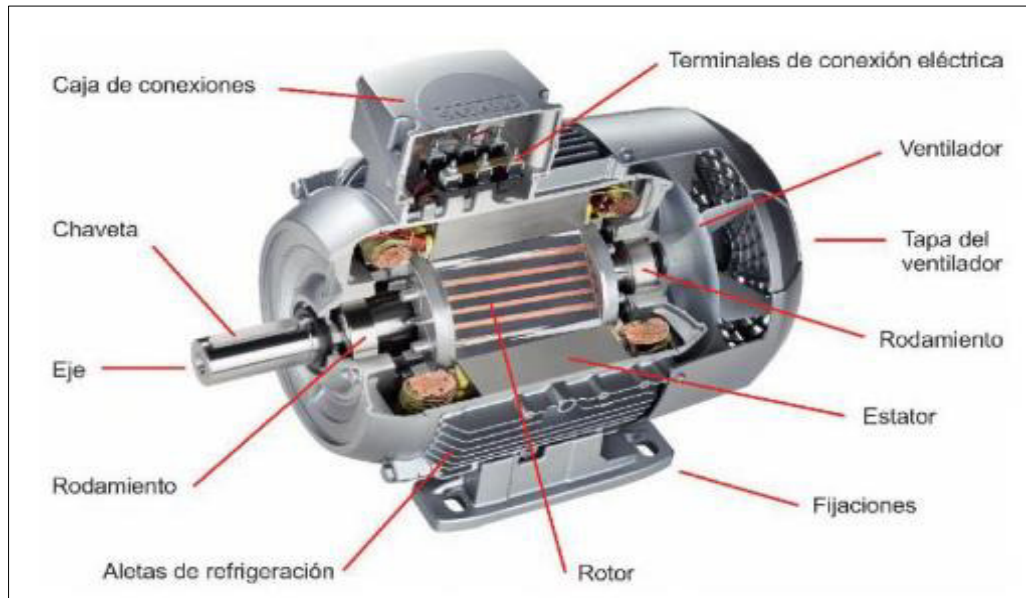
**L. Fijaciones:** Son una serie de puntos fuertes de unión que realiza la función de anclaje entre la máquina y su lugar de instalación.

**M. Aletas de refrigeración:** Tienen como objetivo aumentar la superficie para ayudar a disipar el calor generado en su interior.

**N. Placa de características:** Es la placa en la cual se recogen los datos más importantes de motor, tales como: la marca, potencia, tensión, etc.

**Figura 4**

*Partes de un motor eléctrico asíncrono de rotor en jaula de ardilla*



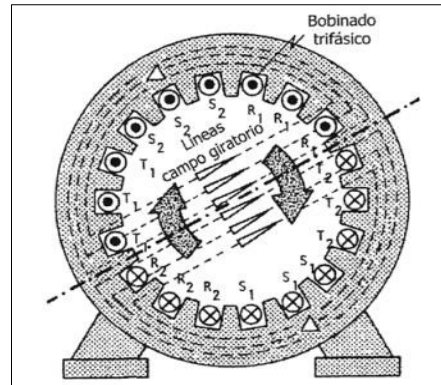
Nota. En la imagen se señala las partes del motor eléctrico que fueron definidas anteriormente. Adaptado de Cerdá, 2014.

**2.1.3.1 Principio de funcionamiento del motor trifásico.** Según Farina (2018), el funcionamiento del motor trifásico se basa en lo siguiente:

En el interior del estator, las placas de acero especiales se juntan para formar un bloque. En las ranuras de las placas se colocan bobinas que dependen del tipo de microscopio electrónico de transmisión (MET) que se conectan a la instalación eléctrica, cuando fluye la corriente, se crean campos electromagnéticos giratorios que interactúan con el rotor y crean un acoplamiento de motor que hace que gire. (Figura 5).

**Figura 5**

*Esquema teórico del estator de un motor trifásico asíncrono*



Fuente: Tomada de Farina, 2018.

#### **2.1.4 ventilador centrífugo industrial o soplador industrial**

Según lo expresado por Lahidalga (2011), Un ventilador centrífugo es un dispositivo que consta de un impulsor o paleta que gira dentro de una bobina o carcasa helicoidal llamada bobina. La rotación de la hélice está asegurada por un motor, generalmente eléctrico, cuya finalidad es colocarse en movimiento de aire o de un líquido gaseoso.

**2.1.4.1 Características de los ventiladores centrífugos.** Las características según Lahidalga (2011) son las siguientes:

**A. Caudal:** Es el volumen de aire que circula en el ventilador por unidad de tiempo, de hecho, esta definición es correcta para los ventiladores de media y baja presión, ya que para los ventiladores de alta presión se debe tener en cuenta la compresibilidad del aire, modificándose así la definición de la siguiente manera: masa de aire que circula por el ventilador por unidad de tiempo, a condiciones normales de temperatura y presión.

**B. Presión:** Podemos definir presión como la diferencia algebraica entre la presión total media en los puertos de descarga y aspiración, expresada en milímetros en la columna de agua, y debemos distinguir entre presión estática y dinámica en este momento. El primero es la pre-

sión interna de un fluido que se mueve en línea recta, es decir, el valor indicado por un manómetro que se mueve en el fluido a la misma velocidad que el fluido. La segunda es la aceleración de presión máxima que se produce en el fluido que pasa por el centro del obstáculo y es igual a la presión necesaria para acelerar el fluido desde el reposo hasta la velocidad que tiene en cada momento.

**C. Rendimiento:** Las cualidades aerodinámicas y mecánicas de un ventilador se juzgan por su eficiencia, que se define como la relación entre la potencia utilizada y la potencia suministrada. Las ofertas así obtenidas son las que utilizan diferentes usuarios para comparar diferentes dispositivos entre sí; Por el contrario, los expertos en micro rendimiento y los fabricantes utilizan una comparación separada de cómo varios factores, a veces específicamente, afectan el rendimiento del dispositivo.

**2.1.4.2 Partes de un ventilador centrífugo.** Las partes principales del ventilador centrífugo según Trocel (2021), las cuales podemos observar en la (Figura 6):

**1.-Base o soporte estructural:** Puede compartir estructura con el conductor o disponer de una base independiente. La base puede ser flexible, si su frecuencia natural es inferior a la velocidad de funcionamiento, o rígida cuando su frecuencia natural es superior a la velocidad de funcionamiento del ventilador.

**2.-Impulsor y álabes:** El impulsor se adapta al eje del ventilador, se conforma de paletas o álabes que cambian su forma según sea el tipo de ventilador o según la aplicación para la que se usará.

**3.-Voluta o carcasa:** Este es el depósito de flujo de aire, donde tiene lugar el intercambio de energía entre el impulsor y el flujo de aire, desde donde se dirige el aire de succión a descarga.

**4.-Boca de visita:** Para verificar el estado del equipo y ver cuando requerirá mantenimiento.

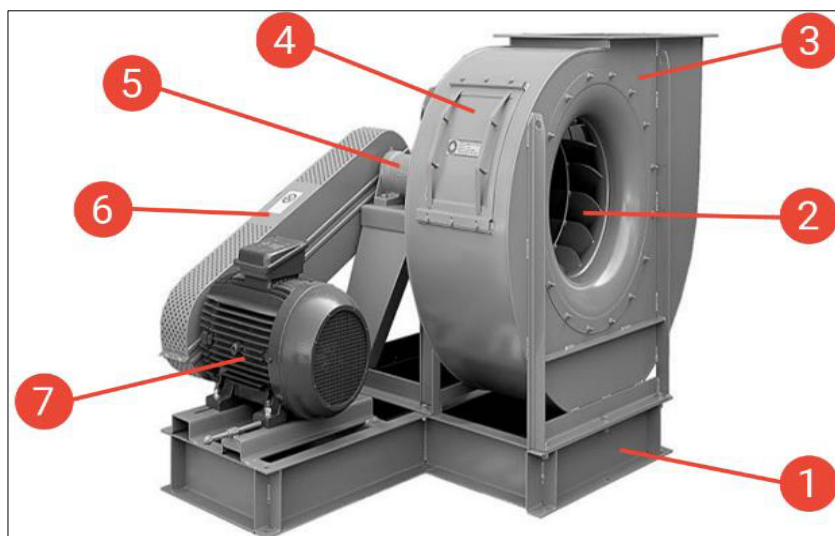
**5.-Rodamientos o cojinetes:** Dependiendo del tamaño, peso y velocidad de operación del equipo, pueden equiparse con cojinetes planos.

**6.-Sistema de transmisión:** Pueden configurarse de muchas maneras según sea el diseño. Entre estas maneras están la transmisión por correas o poleas que brindan seguridad, sin embargo, está limitada a cierta velocidad; Si el ventilador excede las 3000 RPM, se emplea la transmisión directa, ya sea por medio de acoplamientos entre ventilador y conductor o sencillamente el impulsor montado directamente sobre el eje del motor.

**7.-Equipo conductor:** De acuerdo con las características de la operación y otros factores el equipo conductor puede ser un motor eléctrico AC, DC o incluso turbinas de vapor.

**Figura 6**

*Principales partes de un ventilador centrífugo*



Nota: En la figura podemos observar como el motor transmitirá movimiento rotacional a los alabes. Adaptada de Trocel, 2021.

### **2.1.5 Variador de frecuencia**

Según lo mencionado en QuimiNet (2011), Los variadores de frecuencia son sistemas empleados para controlar la velocidad de rotación de un motor de corriente alterna. Además,

un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, debido a que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual es enviada por un motor.

**2.1.5.1 Etapas de un variador de frecuencia.** Las etapas del variador de frecuencia según (Tedesco, 2010, p.66) son:

**1.-La etapa rectificadora** ya que convierte la tensión alterna a continuo por medio de rectificadores y tiristores.

**2.-La etapa intermedia** ya que filtra y suaviza el voltaje rectificado, reduciendo en forma significativa la emisión de armónicos.

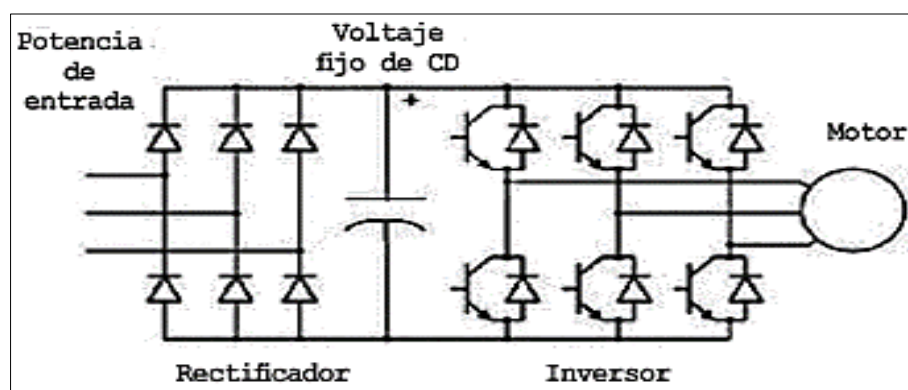
**3.-Etapa inversora** que convierte la tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos (PWM).

**4.-Etapa de control,** ya que controla los IGTB para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia.

Además, controla los parámetros externos en general, etc. Los variadores más utilizados utilizan PWM (modulación por ancho de pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia (Figura 7).

**Figura 7**

*La configuración de un variador, con PWM*



Fuente: Tomada de Tedesco, 2010.

**2.1.5.2 Tipos de variadores de frecuencia y usos.** Según S&P (2020), Para saber qué variador es el más adecuado para el fin deseado, tendremos que conocer dos factores de antemano: con qué tensión estamos trabajando y qué tipo de motor vamos al variador. Estos tipos serían:

**A. Variadores de frecuencia de corriente alterna:** generalmente, son los aquí explicados en este artículo.

**B. Variadores de frecuencia de corriente directa:** destinados a motores alimentados por corriente continua.

**C. Variadores de frecuencia de voltaje de entrada:** Se encargan de generar una nueva onda sinusoidal de tensión, introduciendo una serie de onda cuadrada y mediante la variación del voltaje.

**D. Variadores de frecuencia de fuentes de entrada:** En este caso es el caudal de onda cuadrada el que se recibe de entrada. Requieren grandes inversores para mantener una corriente constante.

**E. Variadores de frecuencia de ancho pulso modulado:** Llamado PWM (por sus siglas en inglés *pulse-width modulation*), mantiene el par motor constante por medio de una serie de pulsos de voltaje constantes realizados por unos transistores.

**F. Variadores de frecuencia de vector de flujo de ancho de pulso modulado:** Cuentan con un microprocesador que gestiona el proceso de la regulación o variación de la corriente al motor.

Existen otras formas de categorizar los variadores de frecuencia, pero están lejos de la temática que tratamos aquí hoy. Por ejemplo, están los variadores mecánicos, que como su nombre indica, utilizan poleas o rodillos metálicos. También el caso de los variadores hidráulicos, que para regular la velocidad del motor utilizan algún tipo de fluido.

### **2.1.6 Válvula proporcional**

Estas válvulas proporcionan respuestas rápidas, se utilizan con grandes presiones, y pueden controlar grandes caudales. Se aplican por lo general a máquinas que requieran alta velocidad de operación de los actuadores, como máquinas de fundición, máquinas de moldeo por inyección y prensas. Además, hay disponibles válvulas proporcionales integradas, que consisten en una tapa y una válvula proporcional o una servoválvula para un control de alta precisión.

Estas válvulas proporcionales determinan exactamente que caudal controla el obturador principal, basándose en la desviación entre la señal de retroalimentación del sensor de desplazamiento del pistón principal y la señal de entrada a la válvula proporcional o servoválvula.

**2.1.6.1 Clasificación de válvulas proporcionales.** Según DISTRITEC (2020) menciona que 3 tipos de válvulas proporcionales:

#### **A. Válvulas direccionales**

**Las válvulas direccionales:** Controlan arranques, paradas, direcciones, aceleración y desaceleración de cilindros y motores hidráulicos. Se las utilizan en variadas aplicaciones y hay disponible una amplia gama de modelos.

Se pueden clasificar en tres tipos: vástago desplazable, asiento y esférica.

**Las válvulas direccionales de vástago:** Desplazable pueden ser deslizantes o rotativas. Las deslizantes son más populares en su uso porque son hidrostáticamente balanceadas y además tienen una alta capacidad.

**Las válvulas direccionales de asiento:** Tienen excelente cierre (cero fugas) debido al contacto entre un pistón cónico o esfera y el asiento.

**Las válvulas direccionales esféricas:** Son una alternativa a las de asiento, usan una esfera perforada sellada por dos guarniciones.

## **B. Válvulas de caudal**

Las válvulas de control de flujo evitan el exceso de caudal al limitarlo a un valor mínimo preseleccionado, independientemente de cambios en la presión de línea. El control piloto responde a la presión diferencial producida a través de una placa de orificio instalada corriente abajo de la válvula. Se alcanza un control preciso, puesto que cambios muy pequeños en la presión diferencial de control producen una medida correctiva inmediata de la válvula principal.

## **C. Válvulas de presión**

La regulación debe realizarse con el sistema de bajo presión y la pistola abierta. La operación es fácil si se ha elegido la boquilla adecuada. Girando el regulador se modifica la presión. Al alcanzar la presión deseada, apriete la contratuerca. En caso de sustitución de componentes montados aguas abajo de la válvula, se aconseja desenroscar algunas vueltas el regulador antes de poner en marcha el sistema. Se recomienda descargar al menos el 5% del caudal durante el suministro, a fin de evitar picos de presión al cerrar la pistola.

### ***2.1.7 Caudalímetro***

Según lo mencionado por Zarza (2022). “Un caudalímetro es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico y suele colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido”.

**2.3.3.1 Tipos de caudalímetro.** Según lo indicado Zarza (2022), Se distinguen varios tipos de caudalímetros en función de qué tipo de señal conviertan en señal de caudal.

**A. Caudalímetro de Ultrasonidos:** Resulta la solución más económica para grandes diámetros (hasta 8000mm). Se subdividen en:

**De tiempo de tránsito:** Utiliza la variación de la velocidad absoluta de propagación del sonido en el agua.

**De efecto Doppler:** Su principio de funcionamiento aprovecha la variación que experimenta la frecuencia de un haz de sonido entre la emisión y recepción después de que dicho haz haya sido reflejado por un elemento con cierta velocidad relativa respecto a los puntos de emisión y recepción.

**B. Caudalímetro de inserción:** Se conectan a través de una toma en una tubería para estimar la velocidad local del fluido y, a partir de esta, obtener una aproximación del caudal circulante. Existen tres tipos según su funcionamiento:

**Sondas electromagnéticas:** Obtiene la velocidad local del fluido en las proximidades de la sonda.

**Sondas de turbina:** Determina la velocidad local del fluido a partir de la velocidad de rotación de una turbina.

**Sondas de presión diferencial:** Estima el caudal circulante en una sección de la conducción como diferencia entre la presión entre dos puntos.

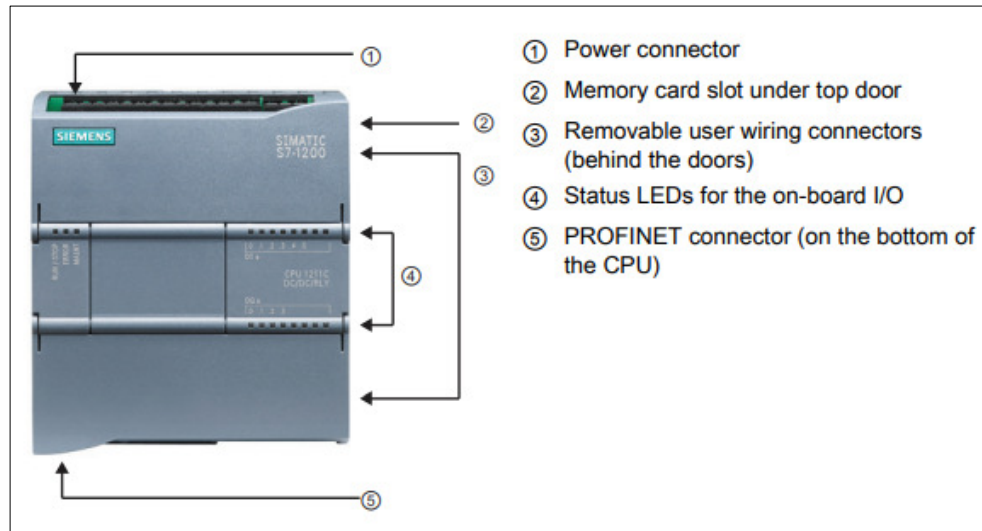
### ***2.1.8 Controlador Lógico Programable (PLC)***

Según (Hyde et al.,1997), Un controlador Lógico programable se usa para comandar maquinas o procesos, se puede decir del PLC que es una caja de control con una terminal de entrada y otra de salida. La terminal de entrada ofrece comandos para conectar dispositivos como solenoides, lámparas incandescentes, válvulas, motores y otros dispositivos de salida.

La terminal de entrada obtendrá señal de realimentación para conectar dispositivos como disyuntores de seguridad, laminas, sensor de proximidad, sensor fotovoltaico, interruptores, pulsadores y otros dispositivos de entrada.

**Figura 8**

*Partes de un programador lógico controlable S7-1200*



Fuente. Tomada de SIEMENS,2009.

**2.1.8.1 Descripción de los partes de un PLC.** A continuación, mencionaremos los componentes según García (2020):

**A. La CPU (Unidad Central de Proceso):** Es la parte fundamental del PLC conformado por un procesador y una memoria. El procesador ejecuta el programa escrito que está almacenado en la memoria. Para realizar la operación mencionado anteriormente el PLC cuenta con algunos elementos que serán requeridos para que se puedan realizar las señales de entrada, los datos y su posterior salida.

**B. Interfaz de entrada:** Es circuito electrónico que tiene la función de adaptar las señales que vienen de los captadores de información a los circuitos electrónicos que las procesan.

**C. Interfaz de salida:** Es un circuito electrónico que tiene la función de adaptar las señales procesadas a los elementos de actuación.

**D. Buses:** Son un conjunto de conductores y pistas que intercomunican todos los circuitos integrados y el resto de los componentes electrónicos.

**E. Puertos de comunicación:** Conjunto de conectores que se emplean para la comunicación con los periféricos, tales como la transferencia de los programas, impresora, tarjetas de memoria, etc.

**F. Memoria flash:** Se encarga de la lectura y escritura de muchas posiciones de memoria en la misma operación.

**G. Memoria de usuario:** Es un circuito integrado donde se ubica el programa realizado por el equipo técnico.

**H. Fuente de alimentación:** Es un conjunto de dispositivos electrónicos que adaptan la tensión de alimentación a la tensión interna necesaria.

**I. Batería de reserva:** Mantiene los datos ante la falta de voltaje, a excepción de los PLC, que incorporan una memoria flash la cual conserva la información ante la falta de tensión.

**J. Memoria de datos:** Es un circuito integrado donde se aloja los datos procesados.

**K. Memoria de imagen I/O:** circuito integrado donde se sitúa el mapa de memoria de entradas y salidas, que posteriormente será enviado a los interfaces de entrada y salida.

**2.1.8.2 Tipos de entrada y salida de un PLC.** Las entradas y salidas de un PLC según Electrin (2016) pueden dividirse en 4:

#### **A. Entradas digitales**

En la electrónica, las entradas digitales se les conoce como entradas binarias, es decir sistemas que se encuentran sólo en dos estados: cero o uno, On – Off, activado o desactivado. Existe módulos e interfaces de entradas digitales que trabajan a tensiones de 5, 12, 24 y 48 voltios continuos y otros que trabajan en 110 y 220 voltios alternos; en este caso utilizaremos tensiones de 24 voltios continuos como señales digitales.

### **B. Entradas analógicas**

Las Entradas Analógicas son valores de parámetros principalmente eléctricos que interactúan con el PLC y son emitidos por Sensores (Transmisores) en forma de Corriente (0-20mA/4-20mA) o en forma de Voltaje (0-10V), este valor se escala en el Software del PLC y adquiere el valor real del parámetro a medir que será muy importante para nuestro programa.

### **C. Salidas digitales**

Las salidas digitales hacen referencias a activaciones y desactivaciones eléctricas. Los PLC disponen de diferentes tipos de salidas digitales, los más comunes son por relé; como su propio nombre lo menciona, los módulos de salida por relé son diseñados por estos dispositivos electromecánicos. También existen otros tipos de salidas digitales como, por ejemplo: salidas a transistor o triac, las cuales son accionamientos electrónicos.

### **D. Salidas analógicas**

Así como las señales analógicas de entrada, también se puede generar señales analógicas de salida, mediante el conversor digital a analógico, la cual toma los valores numéricos del programa y genera tensiones variables. Este tipo de señales son utilizados sólo por dispositivos que admiten un mando analógico, como los variadores de velocidad, las válvulas proporcionales, reguladores de temperatura, entre otros.

**Tabla 1**

*Tabla de comparación de modelos de PLC S7-1200*

Table 1- 1 Comparing the CPU models					
Feature		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C
Physical size (mm)		90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75	130 x 100 x 75
User memory	Work	30 Kbytes	50 Kbytes	75 Kbytes	100 Kbytes
	Load	1 Mbyte	1 Mbyte	4 Mbytes	4 Mbytes
	Retentive	10 Kbytes	10 Kbytes	10 Kbytes	10 Kbytes
Local on-board I/O	Digital	6 inputs/4 outputs	8 inputs/6 outputs	14 inputs/10 outputs	14 inputs/10 outputs
	Analog	2 inputs	2 inputs	2 inputs	2 inputs / 2 outputs
Process image size	Inputs (I)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
	Outputs (Q)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
Bit memory (M)		4096 bytes	4096 bytes	8192 bytes	8192 bytes
Signal module (SM) expansion		None	2	8	8
Signal board (SB), Battery board (BB), or communication board (CB)		1	1	1	1
Communication module (CM) (left-side expansion)		3	3	3	3
High-speed counters	Total	3 built-in I/O, 5 with SB	4 built-in I/O, 6 with SB	6	6
	Single phase		3 at 100 kHz SB: 2 at 30 kHz	3 at 100 kHz 1 at 30 kHz SB: 2 at 30 kHz	3 at 100 kHz 3 at 30 kHz
		Quadrature phase	3 at 80 kHz SB: 2 at 20 kHz	3 at 80 kHz 1 at 20 kHz SB: 2 at 20 kHz	3 at 80 kHz 3 at 20 kHz
Pulse outputs <sup>1</sup>		4	4	4	4
Memory card		SIMATIC Memory card (optional)			
Real time clock retention time		20 days, typ. / 12 day min. at 40 degrees C (maintenance-free Super Capacitor)			
PROFINET		1 Ethernet communication port			2 Ethernet communication ports
Real math execution speed		2.3 µs/instruction			
Boolean execution speed		0.08 µs/instruction			

Fuente. Tomada de SIEMENS, 2012.

### 2.1.9 HMI

Según Sicma21 (2021) El HMI es la interfaz hombre-máquina que combina software y hardware que brindara al operario la facilidad de comunicarse entre sistemas y máquinas, la pantalla HMI se emplea con mucha más frecuencia en los procesos industriales.

Las pantallas HMI utilizadas en la industria son mayormente pantallas táctiles que conectan a los operarios con las máquinas, los sistemas o los dispositivos.

### 2.1.10 TIA PORTAL

Según SIEMENS (2009) indica que:

El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permitirá aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización. (p. 9).

### **2.1.11 Calidad**

Para Nava (2006) La calidad establece una totalidad de cualidades que representan a una persona o cosa; Es un juicio de valor intrínseco que describe las cualidades internas de un elemento; Aunque a menudo se lo ve como un concepto moderno, el ser humano siempre ha tenido un concepto intuitivo de calidad debido a la investigación continua y al deseo de mejorar en todo el mundo.

### **2.1.12 verificación inicial**

Según Osinergmin (2015) Sostiene que la verificación inicial es “Procedimiento de contraste que se realiza sobre un equipo de medición que no ha sido verificado previamente, con la finalidad de determinar su correcto funcionamiento antes de su puesta en servicio”. (p.7)

### **2.1.13 Gas natural**

Según Osinergmin (2014) menciona la siguientes definiciones y características del gas natural:

- El gas natural (GN) procede de la descomposición de los sedimentos de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos a través de millones de años.
- El GN es incoloro, inodoro, no tóxico y más ligero que el aire.
- El GN es una mezcla de hidrocarburos ligeros en la que el metano (CH<sub>4</sub>) es el componente principal, acompañado de otros hidrocarburos y gases cuya concentración depende de la localización del yacimiento.

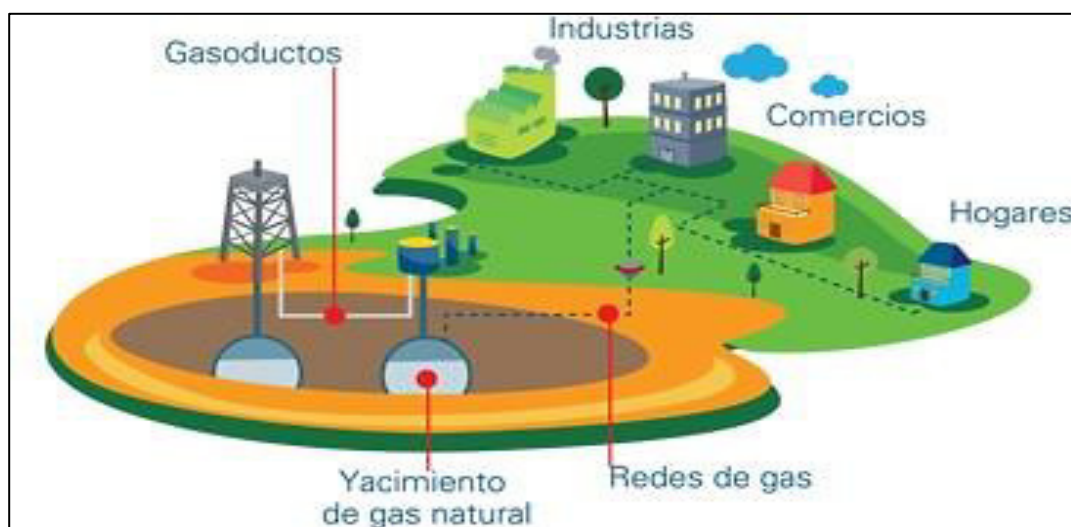
**2.1.13.1 Distribución de gas natural en Lima y Callao.** El Osinergmin (2014) informó que la empresa encargada de los servicios de distribución de gas natural en la provincia de Lima y la provincia del Callao es Cálidda, Gas Natural de Lima y Callao S.A. El sistema consta de un conducto principal y conductos auxiliares.

El oleoducto principal consiste en un oleoducto de acero de 62 km de longitud. Tiene 20 pulgadas de largo y diámetro que une Lurín con Ventanilla a través de 14 distritos. Para la construcción de este oleoducto se utilizaron 5.000 tubos de acero, cada uno de 12 metros de largo y 1,5 toneladas de peso; Tiene una cámara de válvulas separada siete kilómetros para facilitar el mantenimiento y solucionar problemas de funcionamiento.

Los ductos secundarios de tubería de acero y polietileno de 10 pulgadas de diámetro han sido instalados a la fecha de acuerdo con el plan de expansión presentado por la concesionaria (hoy Cálidda), de acuerdo con los términos del contrato BOOT “Concesión de Distribución de Gas Natural vía Redes de Ductos en Lima y Callao. (Figura 9)

### Figura 9

*Sistema de distribución de gas natural*



Nota. El gas natural es extraído de los yacimientos, una vez extraído se retiran algunos materiales como agua y sólidos para que finalmente este gas limpio será transportado por los gasoductos que llegaran a las redes de gas y finalmente serán derivados a hogares, comercios e industrial. Fuente. Tomada de González, 2016.

### **2.1.14 Medidor de gas natural**

Según GIMIM (2021), Los contadores de gas natural son aparatos de medida muy parecidos a los contadores de agua, y su función es registrar el volumen de gas que pasa por las instalaciones interiores de cualquier lugar, ya sea en zonas residenciales, comerciales o industriales. Este tipo de equipo está construido cumpliendo estándares internacionales de calidad y viene con un regulador de presión de diseño altamente confiable.

Es el único medio del que disponen los comercializadores para conocer los consumos y así aplicar los costes pactados en la factura y tarifa de suministro. Básicamente, este tipo de dispositivos miden el volumen de gas suministrado en las condiciones de presión y temperatura del punto de suministro.

**2.1.14.1 Tipos de medidores de gas.** Según PREMAC (2020) indica que existen dos tipos de medidores de gas de desplazamiento positivo:

#### **A. Medidor de gas de diafragma**

Los medidores de gas de membrana han estado en uso desde 1815 como una forma confiable de medir el volumen de gases que han pasado a través de ellos durante un período de tiempo.

Sin embargo, el diseño básico del medidor de gas se ha mantenido sin cambios durante más de 100 años, y los cambios más importantes son los materiales que prolongan la vida útil del dispositivo, reducen los costos de producción y mejoran la calidad. Lo más parecido al desarrollo de la tecnología es la introducción de la electrónica para generar pulsos. (Figura 10).

**Figura 10**

*Medidor de gas de diafragma o membrana y partes internas y externas*



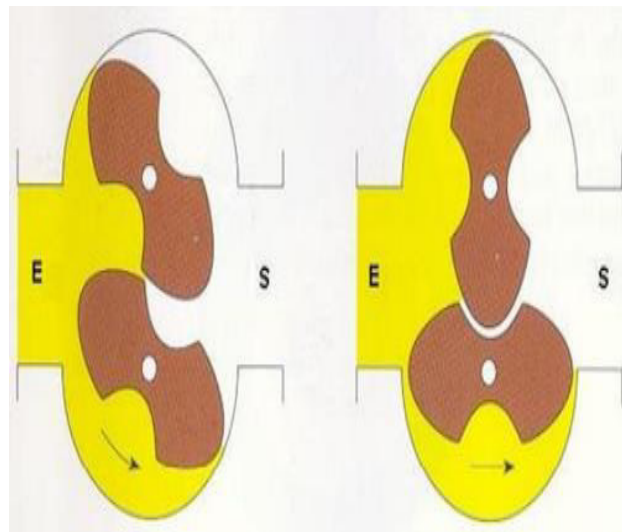
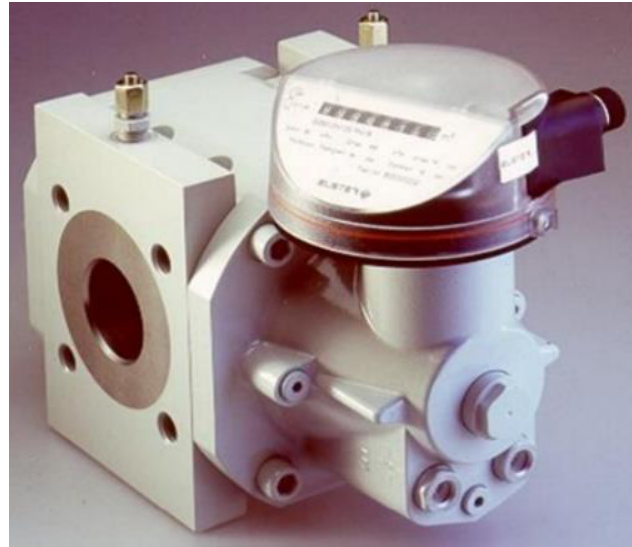
Nota: El medidor de gas de tipo membrana posee un contador de volumen tal y como se aprecia en la figura, Tomada de Yuta, 2012.

### **B. Medidor de gas de tipo rotativo**

El gas ingresa al medidor de gas giratorio, que gira los lóbulos y llena las cavidades internas; Los lóbulos superior e inferior contienen un volumen constante de gas (volumen de control); Con cada rotación completa de los lóbulos, el volumen medido se transfiere al contador lateral. Con el aumento de lóbulos por minuto, la disminución del flujo de aire se detiene rápidamente. (Figura 11)

**Figura 11**

*Medidor de gas de tipo rotativo y lóbulos internos*



Nota. Al lado izquierdo se aprecia un medidor de tipo rotativo, y del lado derecho se aprecia los lóbulos internos del mismo, Tomada de PREMAC, 2020.

### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

La presente investigación por su naturaleza es de tipo aplicada, debido a que tomamos el conjunto de conocimientos de un sistema de control automático de flujo para encontrar solución al problema en la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial en Lima, San Borja en el Instituto Nacional de Calidad.

Según Nieto (2018), define a una investigación aplicada como aquella que “en base a investigación básica, pura o fundamental en las ciencias fácticas o formales se formulan problemas o hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad.” (p. 3).

Por la relación entre las variables de estudio nuestra investigación es de tipo descriptivo – explicativo, descriptivo porque hemos redactado el contexto del problema en que se enmarca la presente investigación relacionado a determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial y es explicativo porque buscamos determinar el efecto de nuestra variable diseño de un sistema de control automático de flujo en la calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

Según (Hernandez et al., 2014), nos dice que una investigación es descriptiva cuando:

Se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (p.92)

Además, el mismo autor (Hernandez et al., 2014), nos dice que las investigaciones explicativas son aquellas que:

...van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (p.95).

### ***3.1.1 Diseño de investigación***

El diseño de la presente investigación es EXPERIMENTAL-TRANSVERSAL, porque existe una manipulación de nuestra variable independiente, diseño de un sistema de control automático de flujo, en la variable dependiente, calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial de nuestro estudio, asimismo los datos recolectados pertenecen al periodo 2021-2022.

Según (Hernandez et al., 2014), nos dice que un diseño experimental es una “situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).” (p.132)

Según (Hernandez et al., 2014), nos dice que un diseño es transversal cuando “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único” (p.154).

## **3.2 Ámbito temporal y espacial**

### ***3.2.1 Ámbito temporal***

La presente investigación se desarrolla durante 15 de julio del 2021 al 15 de octubre del 2022.

### ***3.2.2 Ámbito Espacial***

Nuestra investigación se desarrolla en Lima, San Borja, en el Instituto Nacional de Calidad.

## **3.3 Variables**

***3.3.1 Variable Independiente:*** Diseño de un sistema de control automático de flujo

-Diseño en SCADA que controlara el flujo de aire mediante una válvula de control neumática y un variador de frecuencia.

**3.3.2 Variable Dependiente:** Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

-Mejorar la eficiencia y eficacia con la que se realizara la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

### 3.4 Población y muestra

**3.4.1 Población:** Tomaremos como población para el presente trabajo de investigación a los 12 técnicos que laboran en el área de mecánica del Instituto Nacional de Calidad.

**3.4.2 Muestra:** La muestra de la población es de tipo probabilística, por cuanto cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado.

Además, para seleccionar a los elementos de la muestra se utilizó un procedimiento aleatorio. Para calcular el tamaño de la muestra se aplicó un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5% para ello usamos la formula correspondiente a tamaño de muestra para poblaciones conocidas con varianza desconocida.

Siendo  $N=12$

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

- $N$  = Total de la población
- $Z_{\alpha}$  = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- $p$  = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- $q$  =  $1 - p$  (en este caso  $1 - 0.05 = 0.95$ )
- $d$  = precisión (en su investigación use un 5%).

Aplicando la formula obtuvimos un tamaño de **muestra  $n=10$**

### 3.5 Instrumentos

Se presentará a continuación las técnicas utilizadas en el presente trabajo de investigación (Tabla 2):

**Tabla 2**

*Contenido de métodos*

Variable	Dimensión	Técnica	Instrumento
Diseño de un sistema de control automático de flujo.	Hardware	Encuesta	Cuestionario con escalas Likert
	Software		
Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.	Eficacia	Análisis documental, Encuesta	Ficha de registro, cuestionario con escala Likert.
	Eficiencia	Encuesta	Cuestionario con escalas Likert

Fuente: Elaboración propia, 2022

Para medir nuestra variable independiente, diseño de un sistema de control automático de flujo, hemos usado un cuestionario con escalas Likert el cual cumple con los requisitos de confiabilidad y validez. Este cuestionario está conformado por 9 preguntas con cinco escalas, 4 preguntas están orientadas a medir la dimensión hardware y 5 preguntas para medir la dimensión software.

Para nuestra variable dependiente, Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial, hemos usado la técnica del análisis de documentos a través de una ficha de registro que se encuentran en una base de datos y una encuesta con escala Likert para recolectar los datos correspondientes a nuestra dimensión eficacia. También hemos usado una escala encuesta Likert para medir la eficiencia a partir de la simulación en el uso de nuestro diseño de un sistema de control automático de flujo.

### **3.6 Procedimientos**

Una vez recolectado los datos debemos definir los pasos hasta alcanzar la contrastación de las hipótesis de trabajo. En este sentido los datos recolectados corresponden a un momento anterior a la mejora, propuesta o diseño y otro grupo de datos serán recolectados a partir de la mejora, simulando el diseño o implementando la solución al problema.

Una vez recolectados los datos, éstos serán tabulados para su procesamiento respectivo, se trabajará la estadística descriptiva.

Se realizará la prueba de normalidad correspondiente a cada hipótesis y determinar si usamos pruebas paramétricas o no paramétricas en la contrastación de nuestras hipótesis.

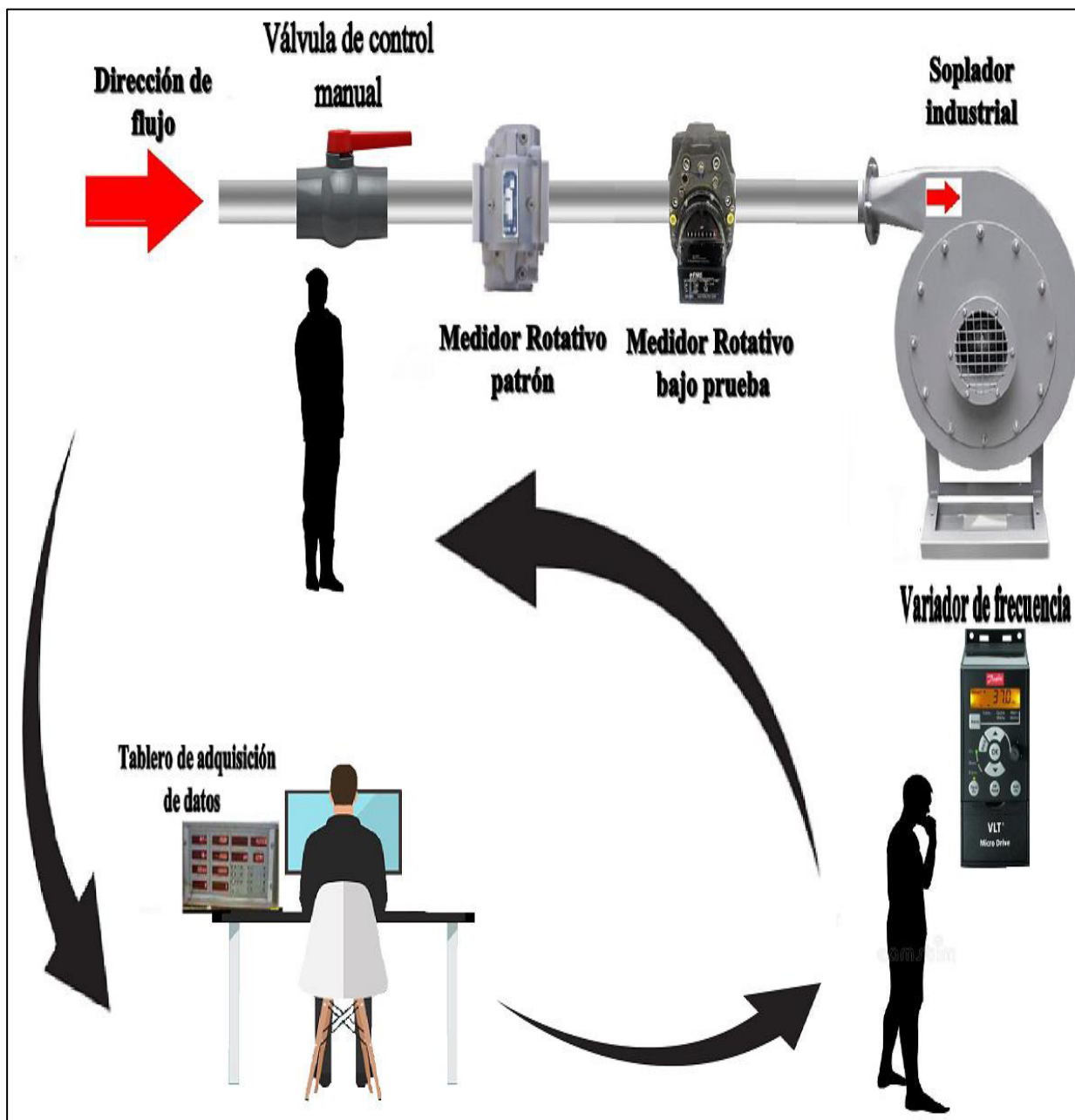
Para el diseño de nuestro sistema de control automático de flujo usaremos la metodología de programación SCADA en TIA PORTAL, una vez culminada la programación será descargada a un PLC que en conjunto con el HMI permitirá realizar el control del ventilador centrífugo, válvula de control proporcional y variador de frecuencia, logrando de este modo variar el flujo de referencia indicado por el caudalímetro.

#### ***3.6.1 Análisis del sistema actual (sistema de control manual de flujo)***

El sistema actual contiene equipos como un variador de frecuencia de marca Danfoss, un soplador industrial de marca Vacuum y un patrón de tipo rotativo de la marca Dresser el cual posee una buena exactitud, además de esto posee una válvula de bola la cual es ajustada de manera manual para variar el flujo de ingreso.

Figura 12

*Sistema de control manual de flujo*



Nota. En la siguiente imagen se aprecia como el técnico que realiza la verificación inicial de los medidores tiene que trasladarse para manipular el potenciómetro del variador de frecuencia y la válvula de control manual, con la finalidad de obtener el caudal deseado.

Fuente. Elaboración propia, 2022.

**3.6.1.1 Número de caudales a ensayar.** Según el Servicio Nacional de Metrología INDECOPI (2012) Los caudales a los cuales se debe determinar los errores de los medidores de gas deben estar distribuidos en el alcance de medición a intervalos regulares e incluir  $Q_{min}$  (caudal mínimo) y  $Q_{max}$  (caudal máximo) y, de preferencia,  $Q_t$  (caudal de transición).

En base a tres puntos de ensayo por década, se puede calcular el número mínimo ( $N$ ) de puntos de ensayo, ordenándolos de  $i = 1$  a  $i = N$  de acuerdo con:

$$N = 1 + 3 \log \left( \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \right)$$

Donde  $N \geq 6$  y redondeado al entero más próximo. En el caso de caudales que cubren dos décadas o más, la siguiente fórmula presenta una distribución regular adecuada de los caudales para  $i = 1$  a  $i = N-1$  y  $Q_N = Q_{min}$ .

$$Q_i = (\sqrt[3]{10})^{1-i} * Q_{max}$$

**3.6.1.2 Cálculo de caudales a ensayar.** A continuación, se mostrará el alcance y tamaño de los medidores de gas de uso industrial a los que se les realiza la verificación inicial.

**Tabla 3**

*Cálculo de los caudales a verificar, para diferentes tamaños de medidores*

Tamaño	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	Caudal mínimo (m <sup>3</sup> /h)	Número mínimo de puntos de ensayo	Cálculo de caudales según la fórmula (m <sup>3</sup> /h)
			$N = 1 + 3 \log \left( \frac{Q_{max}}{Q_{min}} \right)$	$Q_i = (\sqrt[3]{10})^{1-i} * Q_{max}$
G650	1 000	15	1	1 000
			2	464,2
			3	215,4
			4	100,0
			5	46,4
			6	21,5
			7	15,0

G400	650	8	1	650
			2	301,7
			3	140,0
			4	65,0
			5	30,1
			6	14,0
			7	8,0
			G250	400
2	185,7			
3	86,2			
4	40,0			
5	18,6			
6	8,6			
7	5			
G160	250	4		
			2	116,0
			3	53,9
			4	25,0
			5	11,6
			6	5,4
			7	4
			G100	160
2	74,3			
3	34,5			
4	16,0			
5	7,4			
6	3,4			
7	2			
G65	100	1		
			2	46,4
			3	21,5
			4	10,0
			5	4,64
			6	2,15
			7	1

Nota. En el siguiente cuadro puede observarse los tamaños de medidores de gas y el caudal máximo y mínimo. Fuente. Elaboración propia, 2022.

En la tabla se mostró los tamaños de los medidores y sus respectivos caudales a ensayar, a raíz de esto se ha generado pérdida de tiempo para regular el caudal considerando el sistema actual, ya que el operario tendrá que trasladarse ya sea para regular el variador de frecuencia o para cerrar de manera proporcional la válvula de control manual, con la finalidad de ajustar el caudal que desea ensayar.

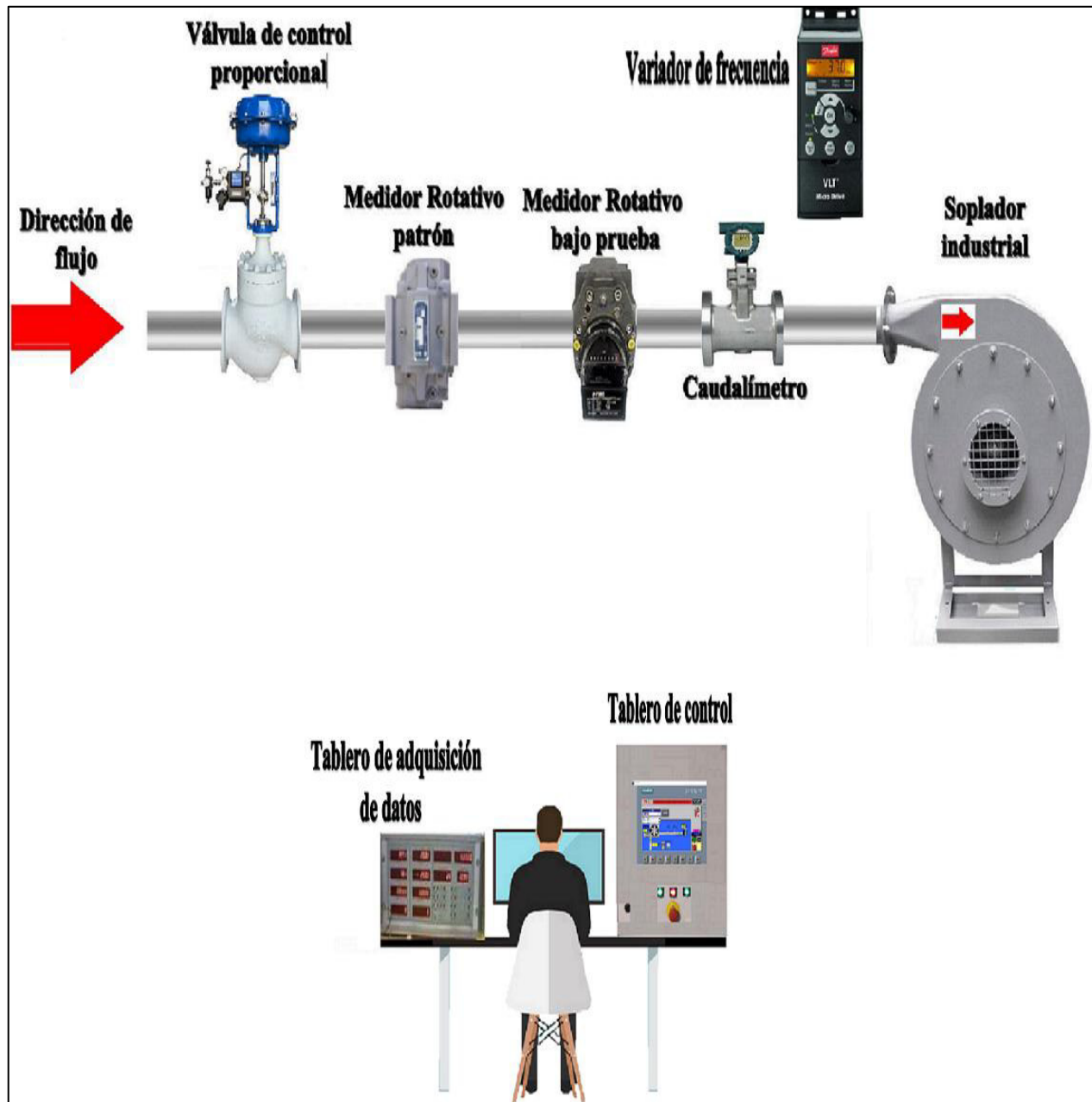
A raíz de esto se tomó la idea de mejorar el presente sistema tanto en software, hardware, eficiencia y eficacia, a continuación, se mostrará la propuesta de diseño de un sistema de control automático de flujo para mejorar la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

### ***3.6.2 Análisis del sistema diseñado (sistema de control automático de flujo)***

En este capítulo se desarrolla todo el diseño del sistema SCADA, con la programación del PLC, diseño, simulaciones y generación de registros.

Para ello se utiliza un PLC S7-1200 1214C DC/DC/DC con módulo de salida analógicas 6ES7223-1BH32-0XB0 de la marca SIEMENS, un HMI KTP700 basic de la marca Siemens, una válvula de control proporcional de la marca TLV, un caudalímetro de la marca Vortex 570.

Figura 13

*Sistema de control automático de flujo*

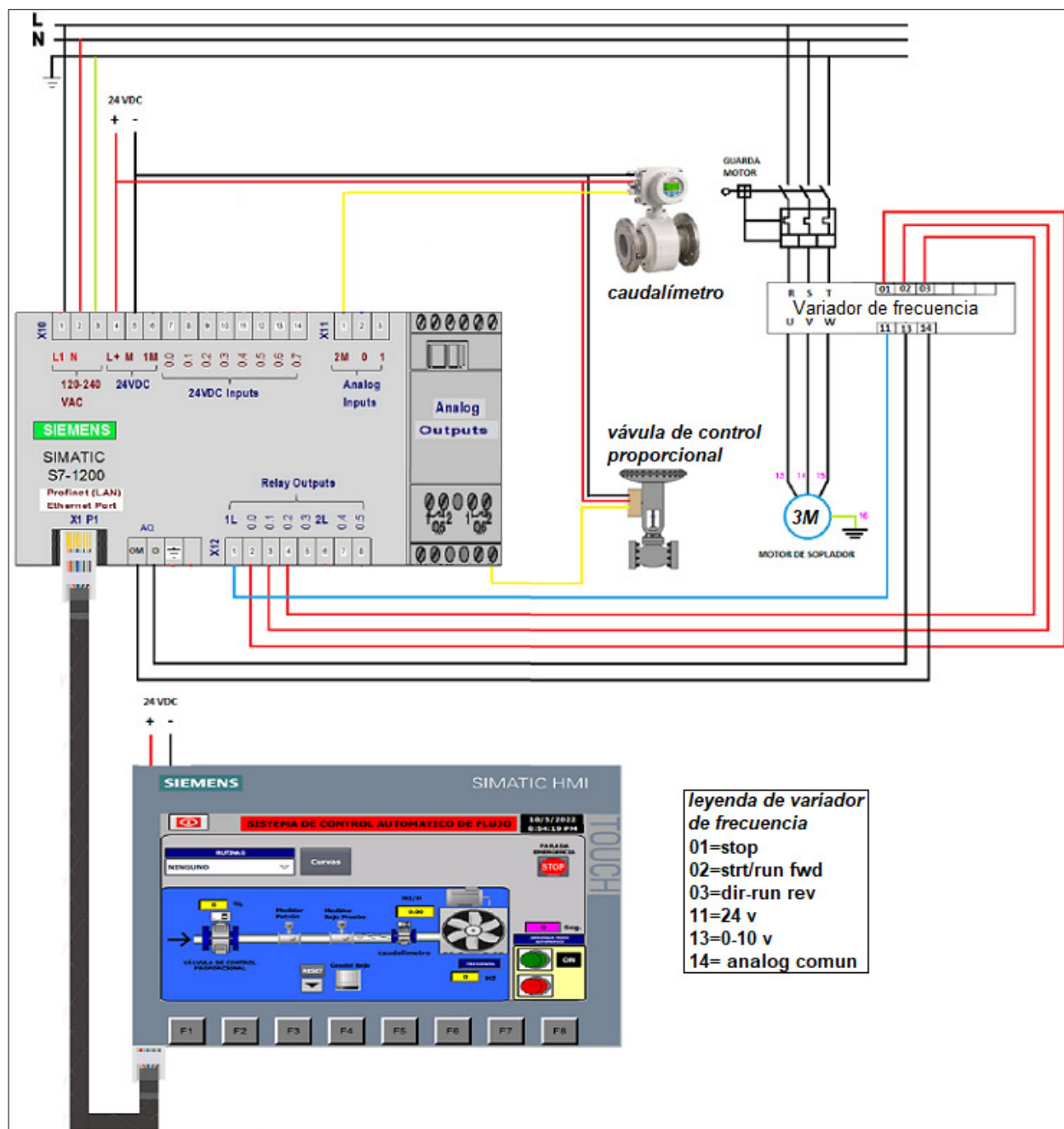
Nota. En la siguiente imagen se aprecia como el técnico que realiza las calibraciones de los medidores no se trasladara, ya que el HMI mostrado en el tablero de control cuenta con las rutinas específicas según el tamaño del medidor de gas a verificar. Fuente. Elaboración propia, 2022.

**3.6.2.1 Diagrama de conexiones del sistema propuesto.** a continuación, se realizará un esquema de las conexiones que intervienen en el sistema de control automático de flujo.

Ver (Figura 14)

**Figura 14**

*Tablero de control del sistema*



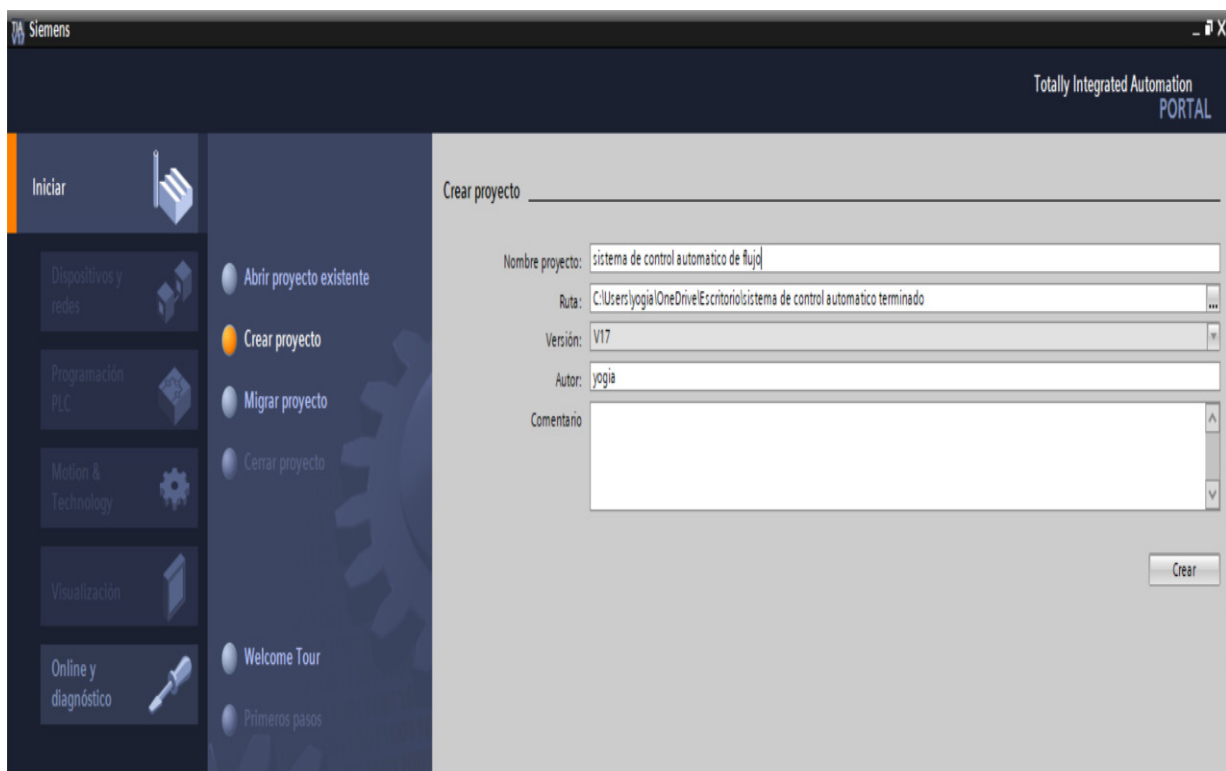
Fuente. Elaboración propia, 2022.

### 3.6.3 Crear proyecto - Sistema de control automático de flujo en TIA PORTAL V17

**3.6.3.1 Crear Proyecto en TIA portal V17.** Lo primero que vamos a hacer es crear el proyecto mencionado iniciando el software del TIA PORTAL V17 para lo cual seleccionaremos en crear proyecto y posteriormente asignaremos un nombre que en este caso es sistema de control automático de flujo. (Figura 15)

#### Figura 15

*Crear proyecto para un PLC S7-1200 con TIA PORTAL V17*

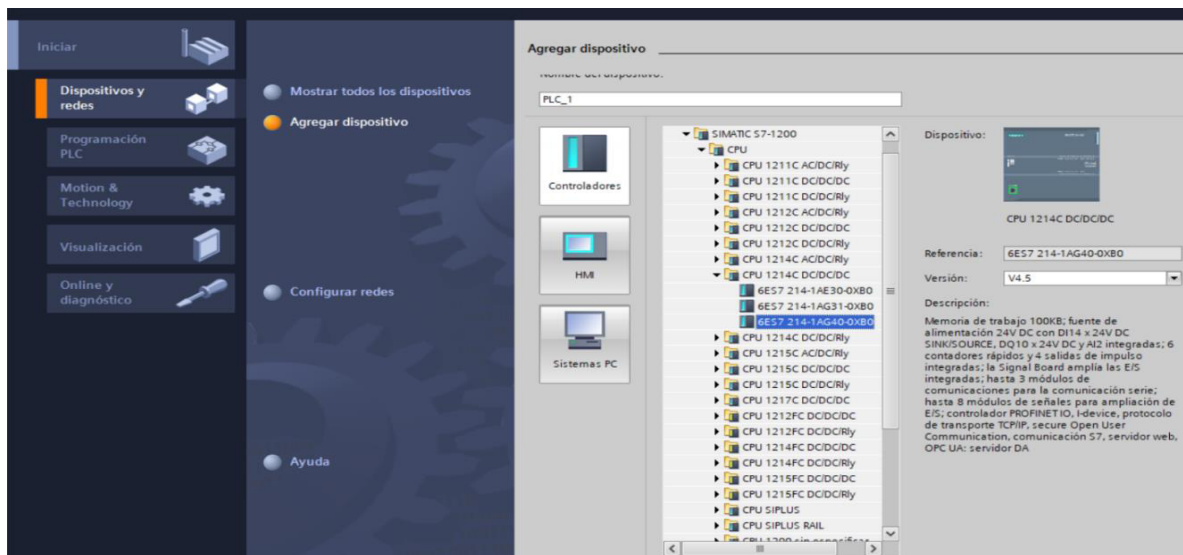


Fuente. Elaboración propia, 2022.

**3.6.3.2 Seleccionar el tipo de PLC a emplear.** Luego se tendrá que seleccionar el dispositivo en el cual vamos a realizar la programación, para este caso seleccionamos el PLC S7-1200 1214 DC/DC/DC y además de esto tendremos que seleccionar una salida analógica la cual será necesaria para conectar la válvula de control proporcional. (Figura 16)

**Figura 16**

*Selección del PLC S7-1200 1214 DC/DC/DC y salida analógica*

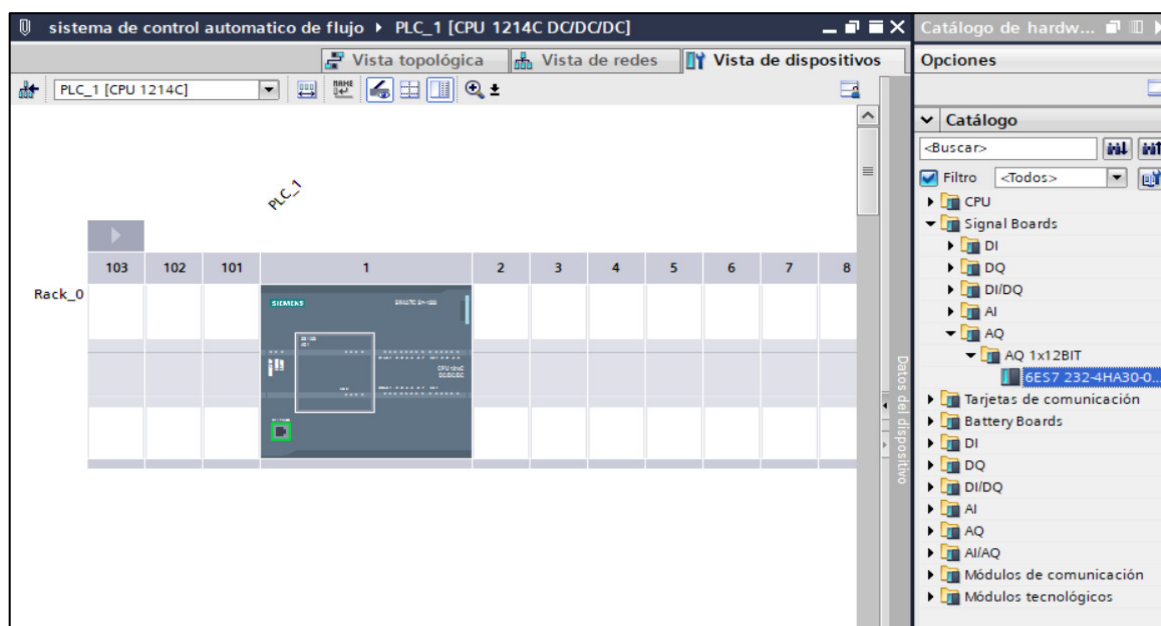


Nota. Se selecciono este PLC y salida analógica para poder realizar todas las conexiones físicas del sistema de control automático de flujo según lo indicado en la (Figura 14).

Fuente. Elaboración propia, 2022.

**Figura 17**

*Vista de dispositivos (PLC S7-1200 y salida analógica).*

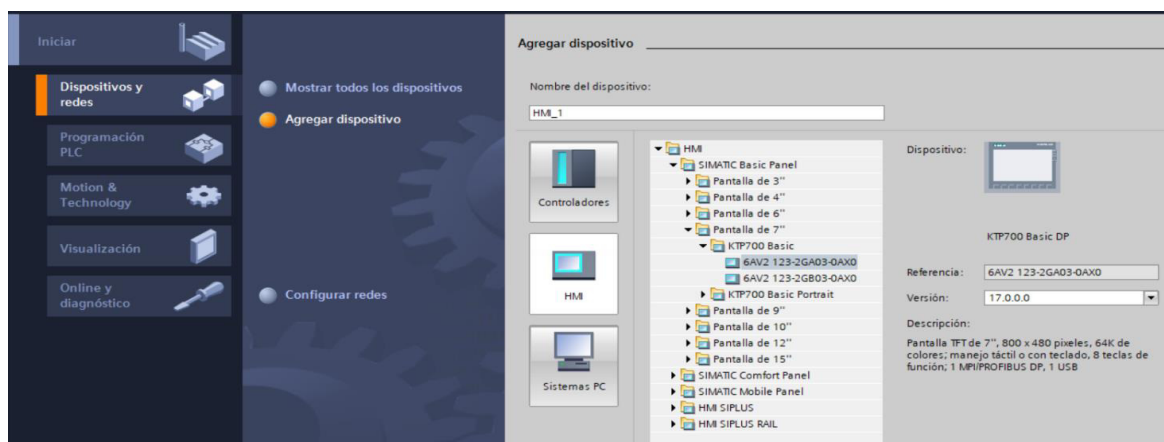


Fuente. Elaboración propia, 2022.

**3.6.3.3 Seleccionar el tipo de HMI a emplear.** Después agregar un panel HMI KTP700 basic, -6AV2 123-2GA03-0AX0, ya que este panel cuenta con características completas para el objetivo planteado que en este caso será mostrar gráficamente el sistema de control automático de flujo y también permitirá manipular las rutinas que se establecerán en este.(Figura 18)

**Figura 18**

*Selección de HMI KTP700 basic*



Fuente. Elaboración propia, 2022.

**Figura 19**

*Vista del panel HMI KTP 700*

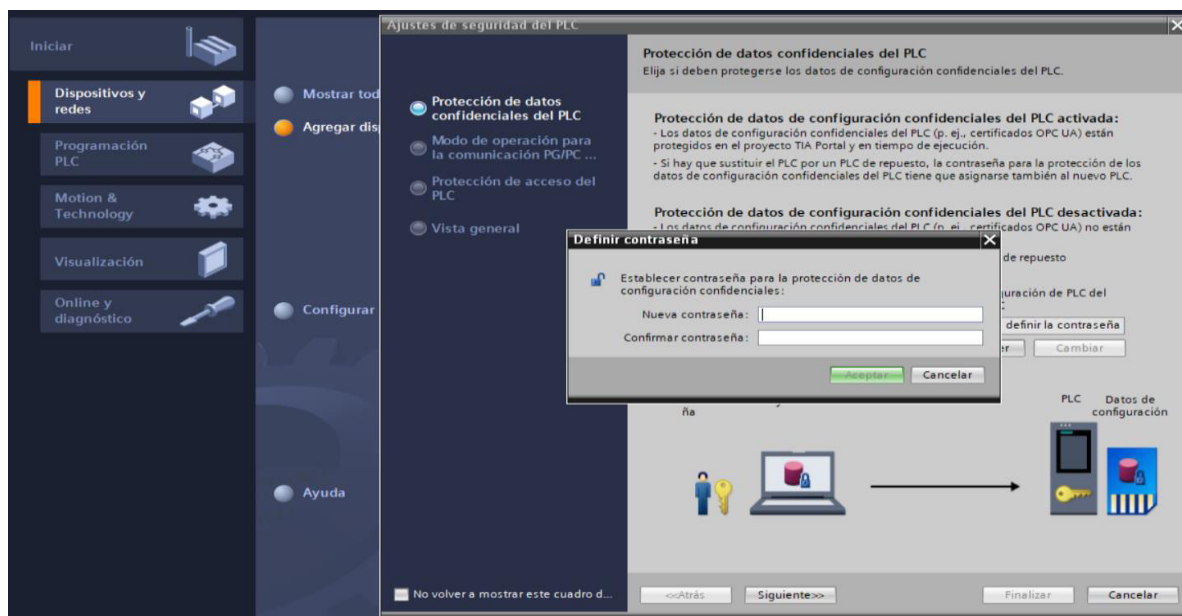


Fuente. Elaboración propia, 2022.

**3.6.3.4 Protección de datos confidenciales.** Crearemos una contraseña para proteger la programación que se realizara al PLC y HMI, Así evitar que alguien pueda modificar la programación. (Figura 20)

**Figura 20**

*Contraseña asignada para proteger la programación*



Fuente. Elaboración propia, 2022.

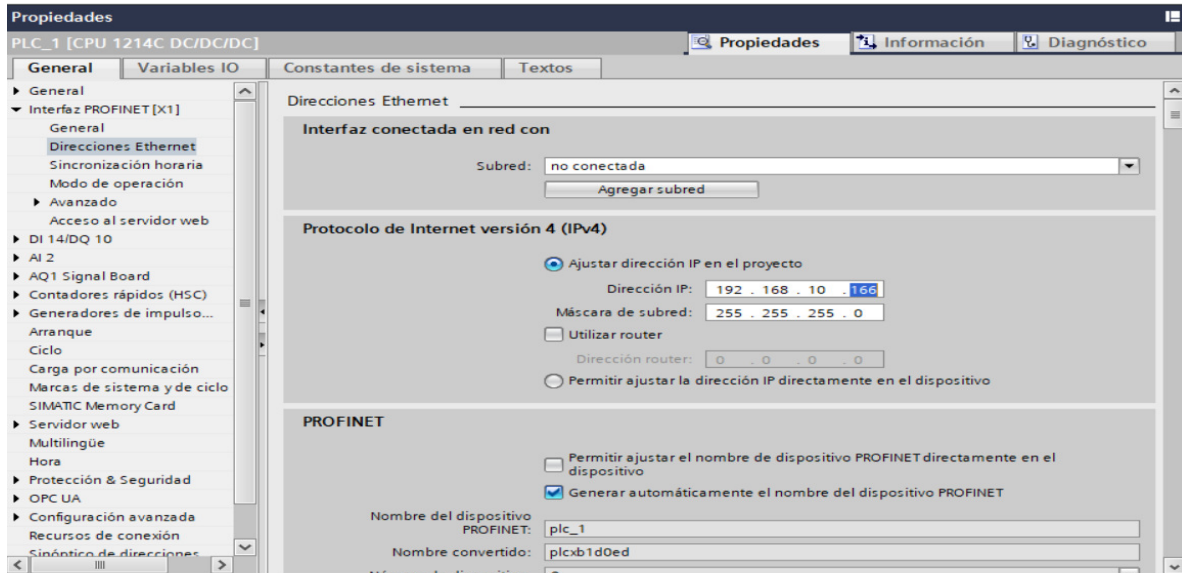
**3.6.3.5 configurar Ethernet.** Configuramos la dirección Ip del PLC S7-1200 para poder conectar y simular en el HMI KTP 700. (Figura 21)

En la interfaz PROFINET, se configura las direcciones ETHERNET:

- 1.-Dirección IP: 192.168.10.166
- 2.-Máscara subred: 255.255.255.0

**Figura 21**

*Ajuste de la dirección IP en la interfaz*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

**3.6.3.6 Configurar variables del PLC.** Configuramos las entradas y salidas como indica la (Tabla 4).

\*Entrada analógica: CANAL

Tipo de datos: INT

Dirección: IW66 (entradas analógicas por defecto. Direcciones: IW64 y IW66)

\*Salida digital: Tag\_1

Tipo de datos: Bool

Dirección: Q0.0 (Primera salida del PLC)

**Tabla 4**

*Configuración de variables del PLC*

Variables PLC				
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección
1	CANAL	Tabla de variables e..	Int	%IW66
2	Tag_1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0

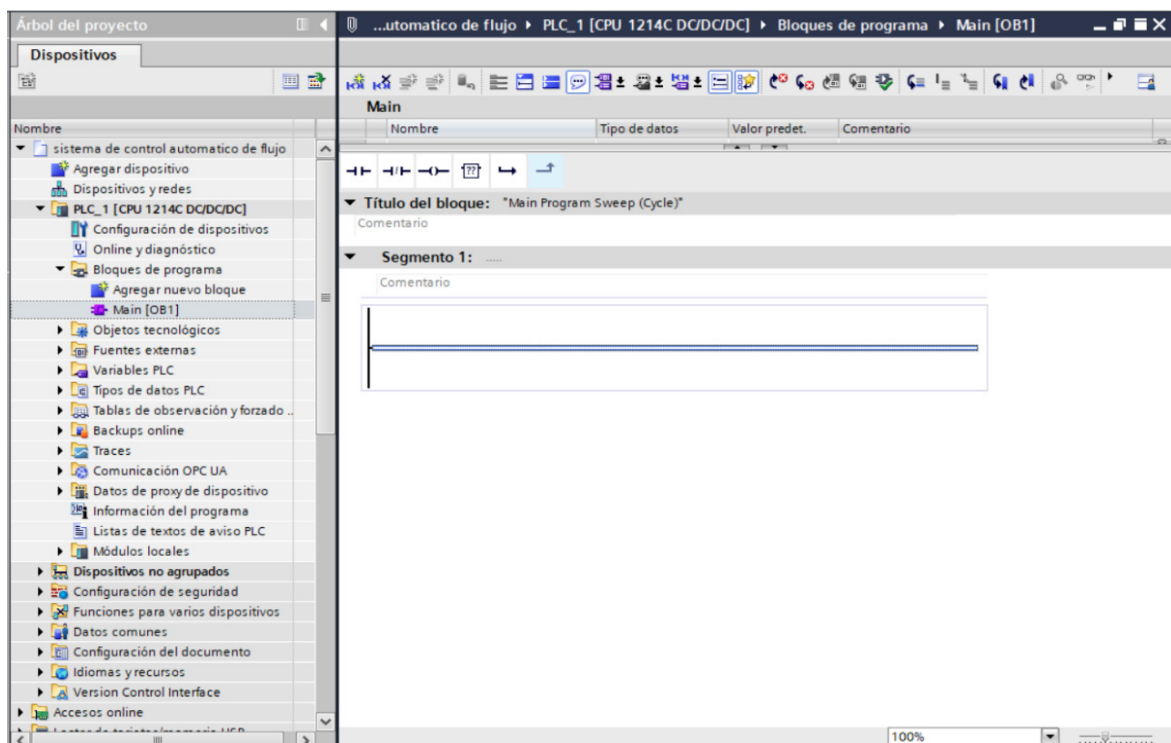
Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 3.6.4 Crear bloques de funciones

**3.6.4.1 Creamos bloque organización OB – (MAIN [OB1]).** El bloque creado se ha determinado como MAIN [OB1], en este bloque es donde se realizará la programación en Ladder la cual debe ser apropiada para cumplir con la exigencia que requiere el sistema de control automático de flujo, Para mayor detalle de la programación realizada ir al ANEXO C.

**Figura 22**

*Creamos el bloque Main [OB1]*

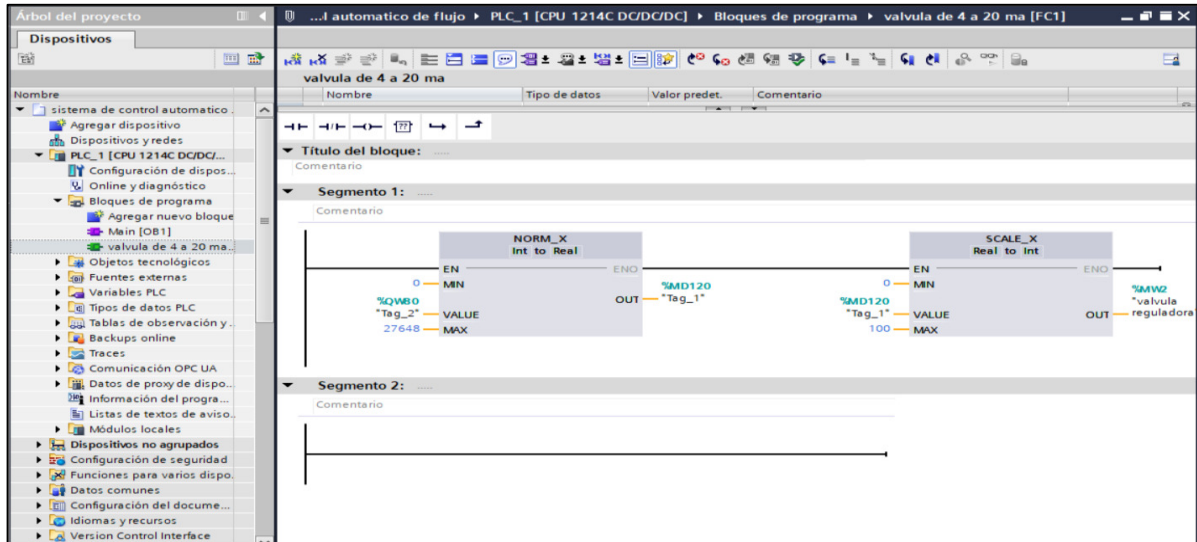


Fuente: Elaboración propia, 2022.

**3.6.4.2 Creamos bloque de función FC – (válvula de 4 a 20 ma).** Crearemos un bloque de función FC seleccionando en el árbol del proyecto la opción de agregar bloque y en seguida agregaremos bloque función FC, en el segmento 1 se normalizará y escalará la apertura y cierre de la válvula de control proporcional y en el segmento 2 se normalizará y escalará el caudalímetro, este bloque obedecerá el llamado del bloque Main [OB1]. (Figura 23)

Figura 23

Creamos el bloque función FC

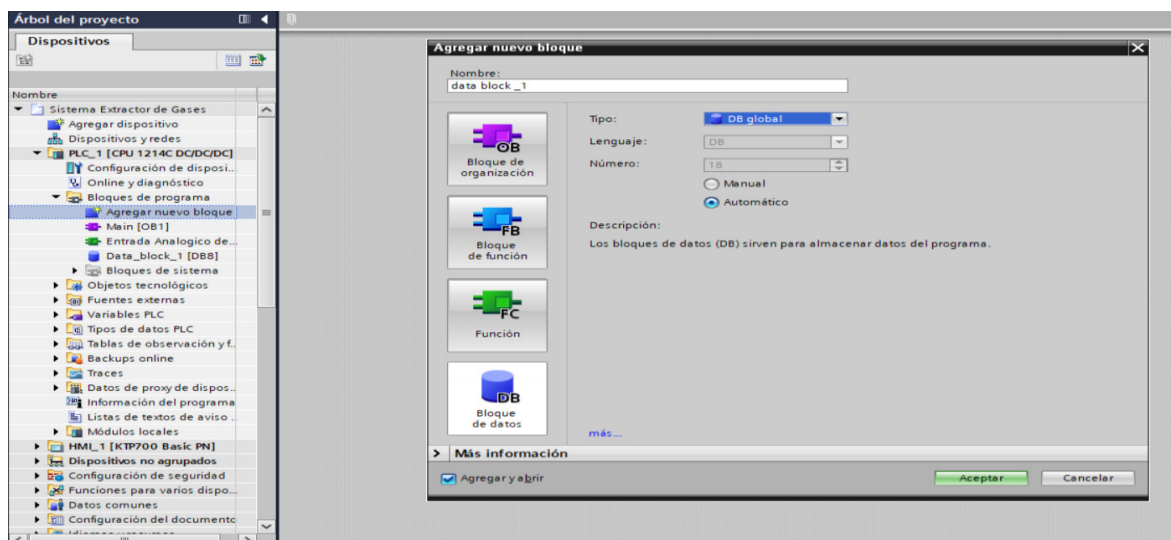


Fuente: Elaboración propia, 2022.

**3.6.4.3 Creamos bloque de datos DB (Data\_block\_1).** En el siguiente bloque se almacenará valores que serán ejecutadas durante la programación, aquí crearemos 2 variables, una llamada tiempo lectura y otra llamada selección de máquina.

Figura 24

Creamos el bloque de datos DB



Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 3.6.5 Escalamiento y normalización de datos

Dentro del árbol de proyecto, se encuentra el bloque MAIN [OB1] y el bloque de función FC para una válvula de control proporcional de 4 a 20 ma, un caudalímetro de 4 a 20 ma y un variador de frecuencia en la cual comenzaremos a normalizar y escalar.

#### 3.6.5.1 Formula General para escalamiento

$$\text{número valor de entrada (\#input)} = \frac{\text{valor máximo}_{27648}}{\text{valor maximo}} * \text{valor a interpolar}$$

Interpolación de datos analógicos PLC para caudalímetro

$$\text{número valor de entrada (\#input)} = 276,48 * \% \text{ lectura de caudalímetro}$$

Interpolación de datos analógicos PLC para válvula de control proporcional

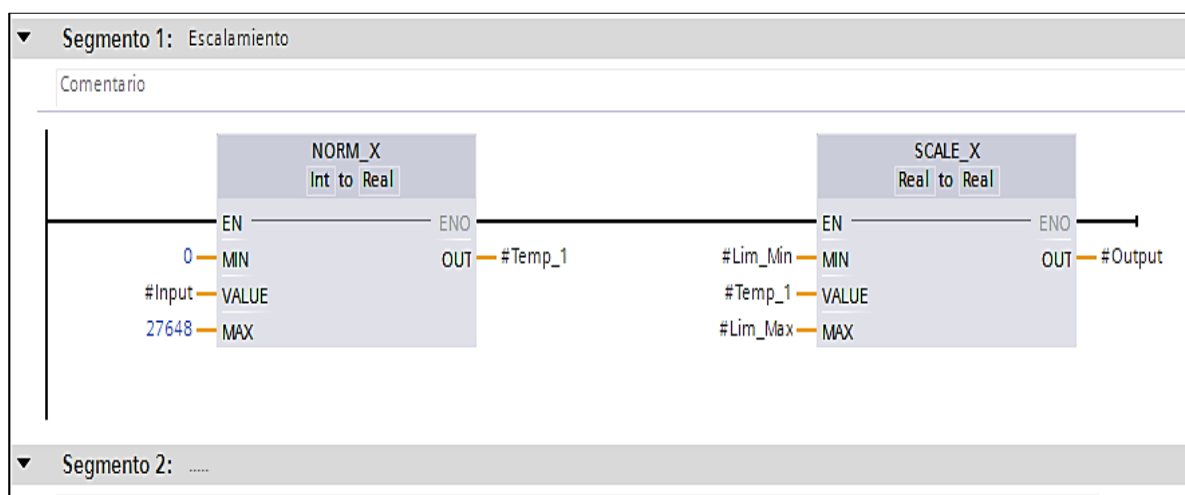
$$\text{número valor de entrada (\#input)} = 276,48 * \% \text{ cierre de válvula proporcional}$$

Interpolación de datos analógicos PLC para variador de frecuencia

$$\text{número valor de entrada (\#input)} = 276,48 * \text{valor de frecuencia Hz}$$

### Figura 25

Escalamiento de datos analógicos



Fuente. Elaboración propia, 2022.

### 3.6.5.2 Escalamiento para válvula de control proporcional

**Tabla 5**

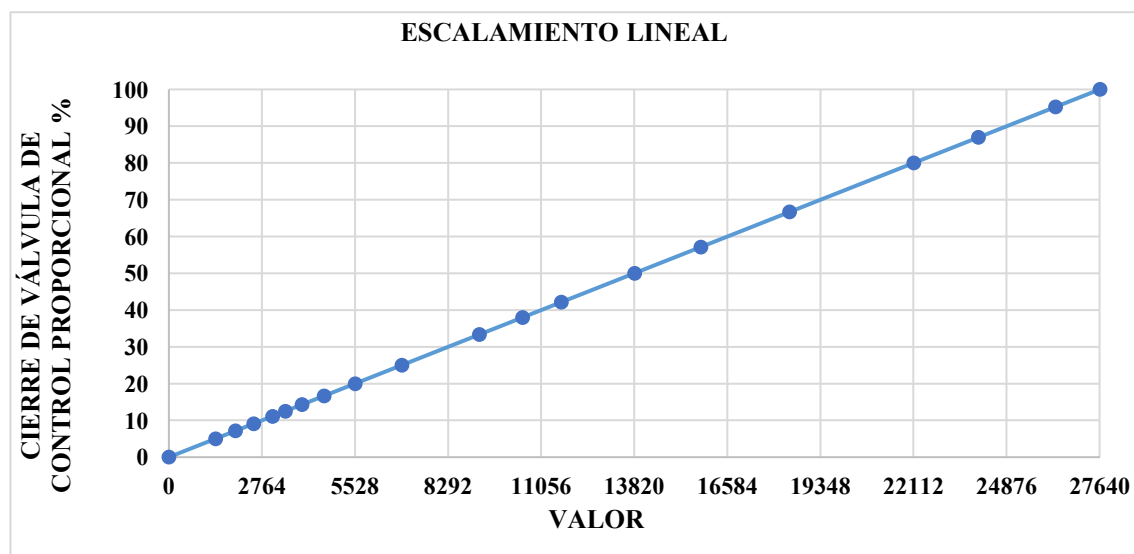
*Escalamiento lineal de la válvula de control proporcional*

Valor de cierre de válvula (%)	Valor de corriente de válvula (ma)	Valor numérico del PLC
0.00	0.00	0.00
5.00	1.00	1382.40
7.14	1.43	1974.86
9.09	1.82	2513.45
11.11	2.22	3072.00
12.50	2.50	3456.00
14.29	2.86	3949.71
25.00	5.00	6912.00
37.98	7.60	10500.00
42.14	8.43	11652.00
50.00	10.00	13824.00
66.67	13.33	18432.00
80.00	16.00	22118.40
86.96	17.39	24041.74
95.24	19.05	26331.43
100.00	20.00	27648.00

Fuente. Elaboración propia, 2022.

**Figura 26**

*Gráfico del escalamiento lineal de una válvula de control proporcional*



Nota. Las señales analógicas están escaladas por defecto entre 0 hasta 27648, valores establecidos por Siemens. Fuente. Elaboración propia, 2022.

### 3.6.5.3 Escalamiento para caudalímetro

**Tabla 6**

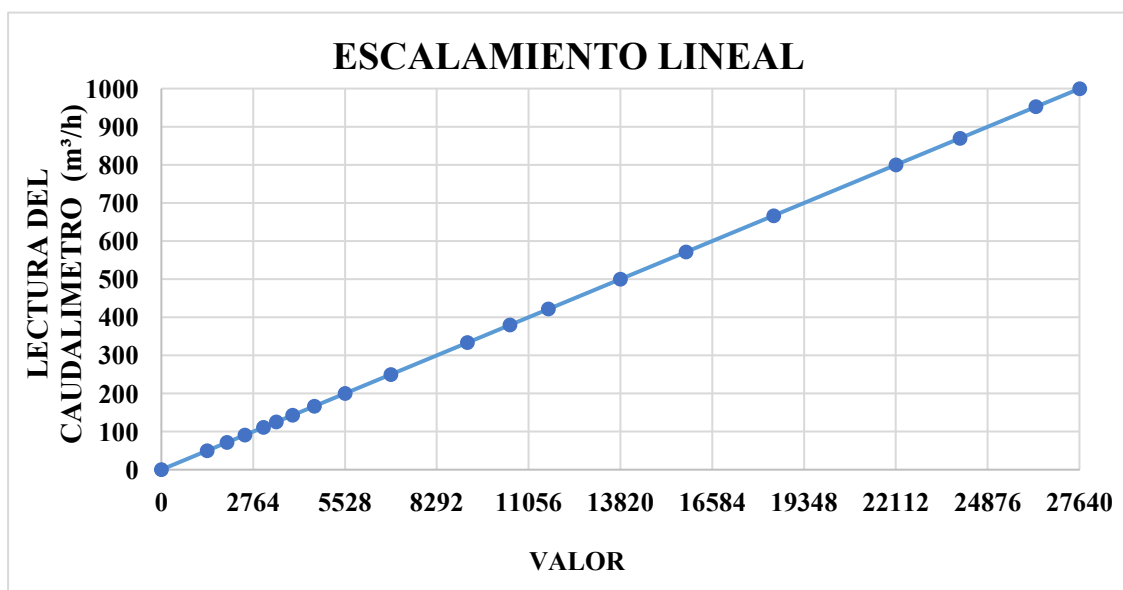
*Escalamiento lineal del caudalímetro*

Valor de caudalímetro (m <sup>3</sup> /h)	Valor de corriente caudalímetro (ma)	Valor numérico del PLC
0.00	0.00	0.00
50.00	1.00	1382.4
71.43	1.43	1974.9
90.91	1.82	2513.5
111.11	2.22	3072.0
142.86	2.86	3949.7
166.67	3.33	4608.0
200.00	4.00	5529.6
250.00	5.00	6912.0
333.33	6.67	9216.0
379.77	7.60	10500.0
421.44	8.43	11652.0
500.00	10.00	13824.0
666.67	13.33	18432.0
800.00	16.00	22118.4
869.57	17.39	24041.7
1 000	20	27648.0

Fuente. Elaboración propia, 2022.

**Figura 27**

*Gráfico del escalamiento de un caudalímetro*



Nota. Las señales analógicas están escaladas por defecto entre 0 hasta 27648, valores establecidos por Siemens. Fuente. Elaboración propia, 2022.

### 3.6.5.4 Escalamiento para el variador de frecuencia

**Tabla 7**

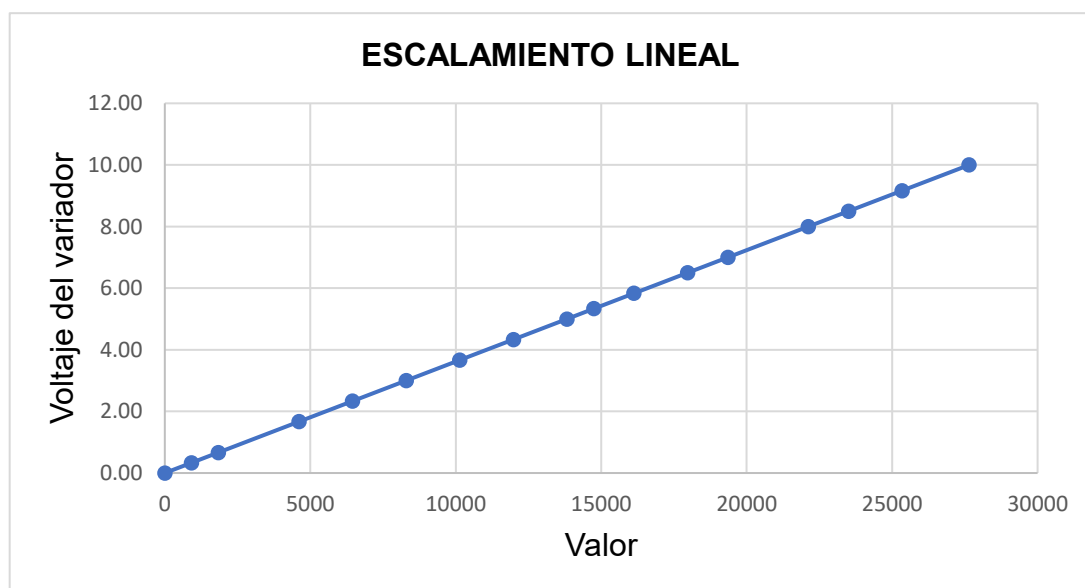
*Escalamiento lineal del variador de frecuencia*

Variador de frecuencia (Hz)	Valor de corriente de variador (U)	Valor numérico del PLC
0.00	0.00	0.00
2.00	0.33	921.6
4.00	0.67	1843.2
10.00	1.67	4608.0
14.00	2.33	6451.2
18.00	3.00	8294.4
22.00	3.67	10137.6
26.00	4.33	11980.8
30.00	5.00	13824.0
32.00	5.33	14745.6
35.00	5.83	16128.0
39.00	6.50	17971.2
42.00	7.00	19353.6
48.00	8.00	22118.4
51.00	8.50	23500.8
55.00	9.17	25344.0
60.00	10.00	27648.0

Fuente. Elaboración propia, 2022.

**Figura 28**

*Gráfico del escalamiento lineal del variador de frecuencia*



Nota. Las señales analógicas están escaladas por defecto entre 0 hasta 27648, valores establecidos por Siemens. Fuente. Elaboración propia, 2022.

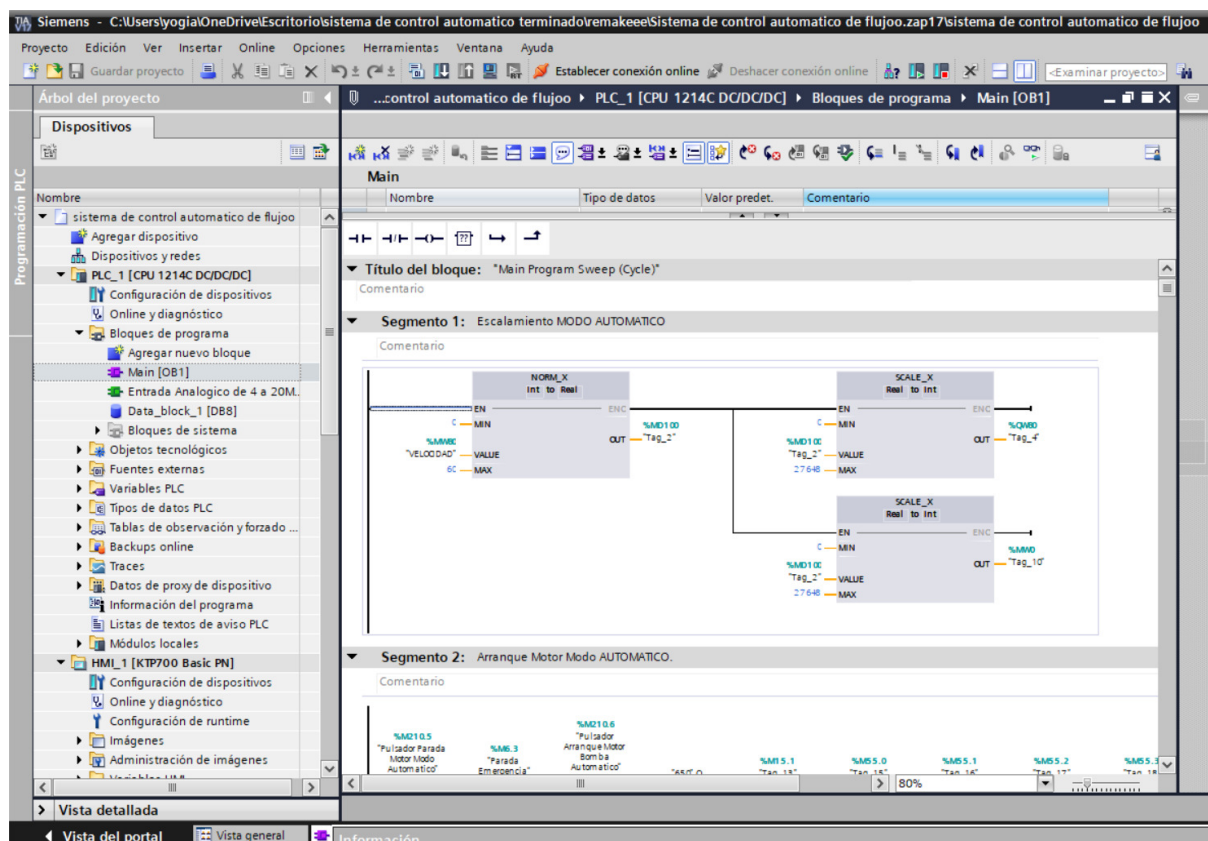
### 3.6.6 Ejecución del Sistema de control automático de flujo

Una vez finalizado de programar el PLC (Anexo C) y ubicar las imágenes en el HMI (Figura 33) se tendrá que enlazar ambos con la finalidad de poder observar la simulación en el WinC RT. Para realizar la ejecución del programa y ver la simulación realizaremos los siguientes pasos:

**3.6.6.1 Ejecutar el MAIN [OB1].** Realizaremos la ejecución de la programación en TIA Portal.

**Figura 29**

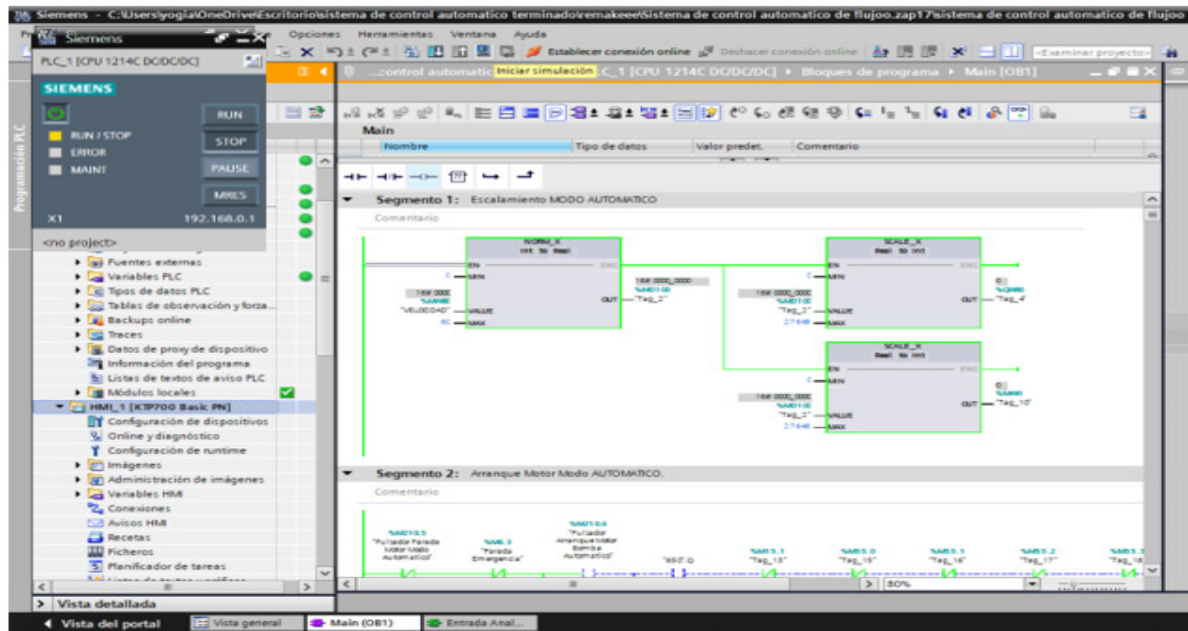
*Pre Ejecución del MAIN [OB1]*



Nota. El bloque MAIN [OB1] contiene la lógica de programación (ANEXO C) para cumplir con las rutinas de flujo y tamaño de medidores de gas (Tabla 3), además en este bloque se estará presente la ejecución los bloques FC y data block los cuales serán ejecutados simultáneamente a la ejecución del MAIN [OB1]. Fuente. Elaboración propia, 2022.

Figura 30

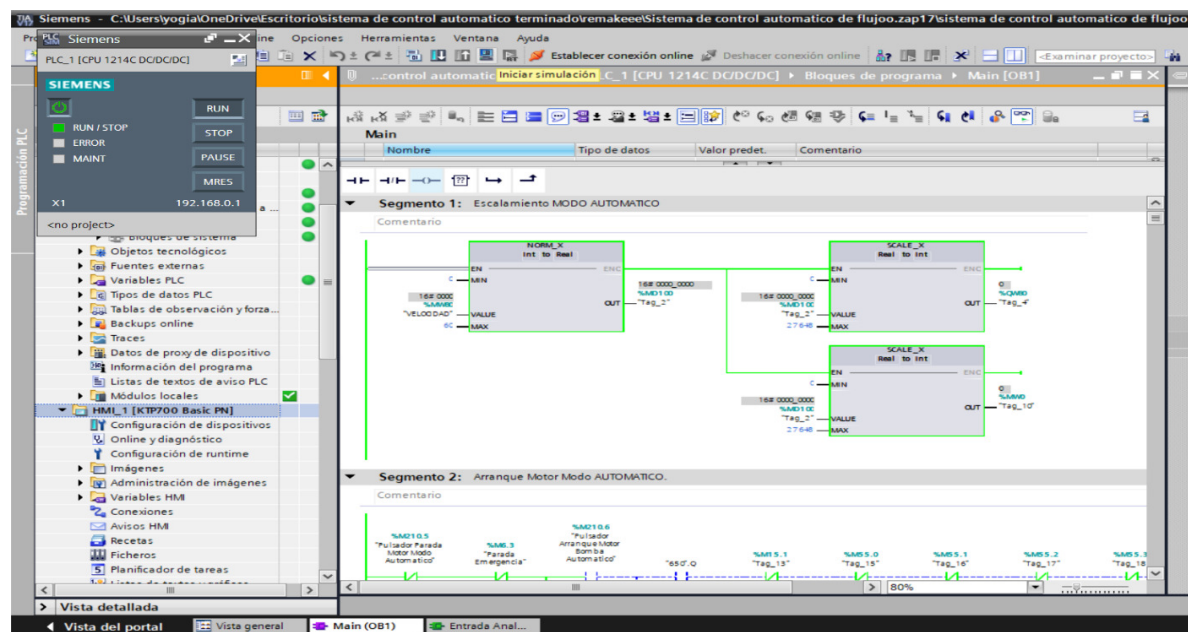
Compilación del programa realizado en el MAIN [OB1]



Nota. Arrancaremos la ejecución del programa apretando el botón “Run”. Fuente. Elaboración propia, 2022.

Figura 31

Programa ejecutado satisfactoriamente

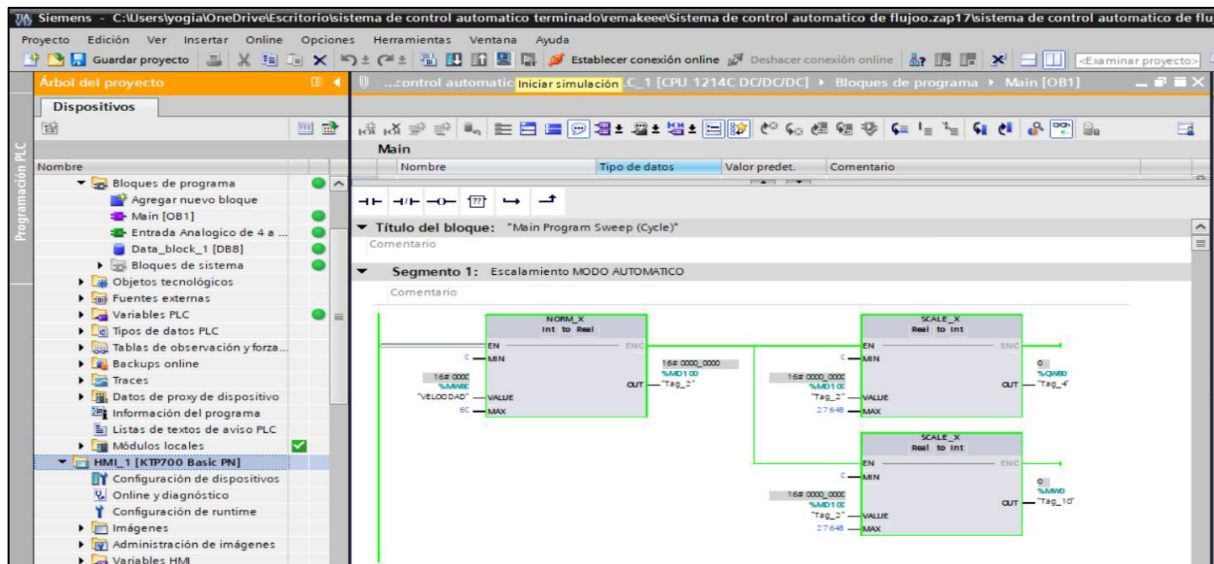


Fuente. Elaboración propia, 2022.

**3.6.6.2 Ejecutar el HMI KTP 700 basic.** Realizaremos la ejecución de la simulación, esta se podrá observar en el WinC RT.

**Figura 32**

*Ejecución del WinC RT*



Nota. La ejecución del WinC RT se realizará seleccionando en el árbol del proyecto la opción de HMI [KTP700 Basic PN] y luego en iniciar simulación. Fuente. Elaboración propia, 2022.

**Figura 33**

*Simulador WinC RT ejecutado satisfactoriamente*



Fuente. Elaboración propia, 2022.

### 3.6.7 Manipulación del HMI del sistema de control automático de flujo

Figura 34

Seleccionar rutina del medidor



Nota. Seleccionaremos una rutina acorde al tamaño del medidor que se instalara en el sistema de control automático de flujo. Fuente. Elaboración propia, 2022.

Figura 35

Rutina de medidor seleccionada



Fuente. Elaboración propia, 2022.

Figura 36

*Ejecución de la rutina seleccionada*



Fuente. Elaboración propia, 2022.

Figura 37

*Ejecución de la rutina en progreso*

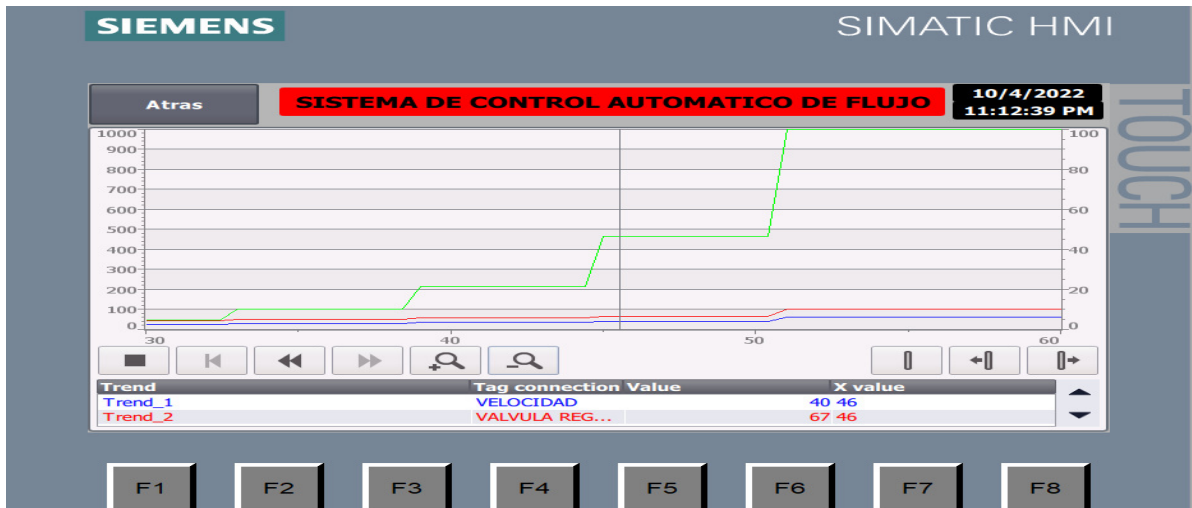


Nota. EL programa ira ejecutando las rutinas de flujo acorde al medidor seleccionado, para modo de ejemplo se ha seteado 10 segundos en la programación para que el caudalímetro cambie de flujo en este tiempo, en un ensayo real se tendrá que fijar un tiempo de ensayo de

15 a 20 minutos. Fuente. Elaboración propia, 2022.

Figura 38

Visualización de curvas de comportamiento del flujo



Nota. Mientras el sistema está ejecutándose se puede observar gráficamente el comportamiento del flujo. Fuente. Elaboración propia, 2022.

Figura 39

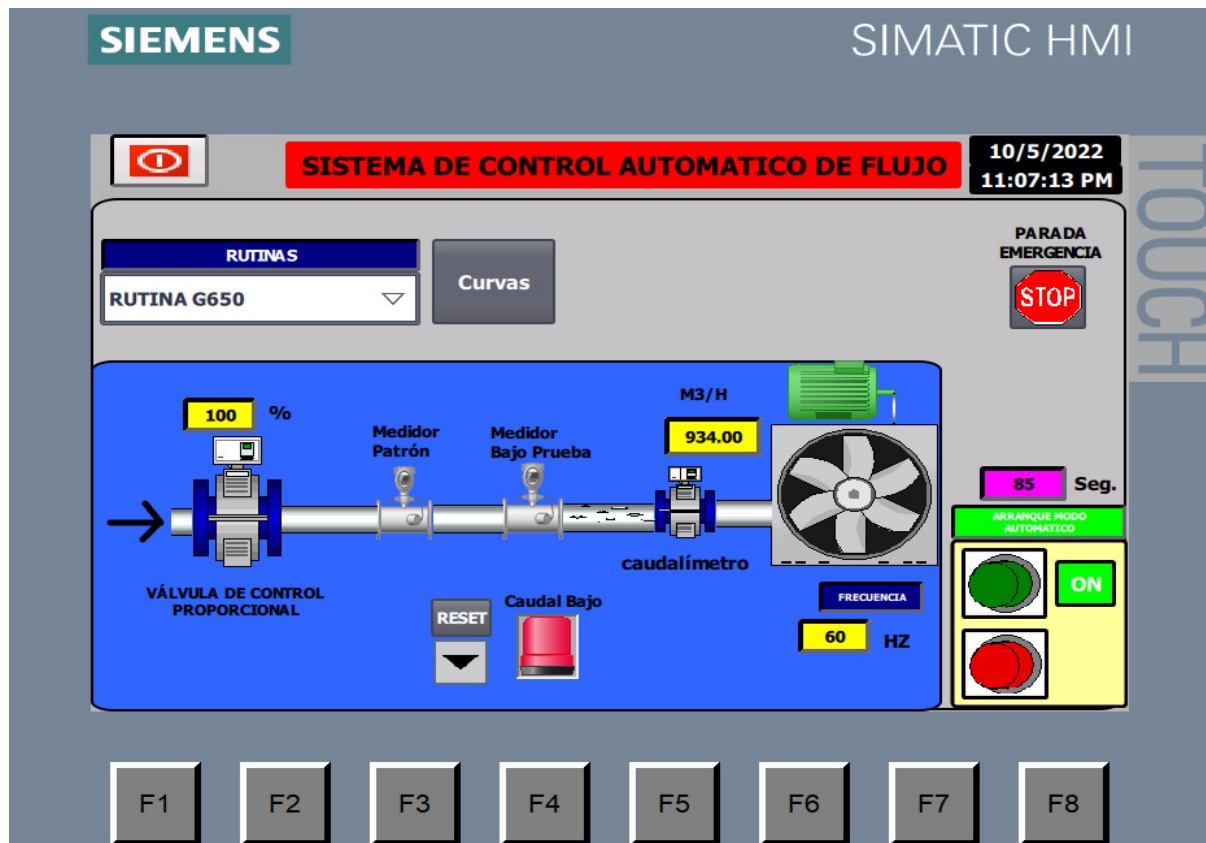
Ejecución de la rutina finalizada



Nota. Al finalizar las rutinas se puede observar que la válvula de ingreso de aire está totalmente abierta, el variador de frecuencia está a 60 Hz y el caudalímetro nos indicara que hemos llegado a completar los 1 000 m<sup>3</sup>/h. Fuente. Elaboración propia, 2022.

Figura 40

Activación de alarmas



Nota. Cuando suceda alguna eventualidad como por ejemplo una reducción del flujo debido a causas propias de la válvula o del medidor que se está ensayando se observa en la gráfica que hay una alarma que se ha activado la cual indicara que no está llegando a completarse la rutina, por lo cual se procederá a resetear para desactivar la alarma o en otro caso se activara la




parada de emergencia. Fuente. Elaboración propia, 2022.

### 3.6.8 Criterio de selección de componentes

**3.6.8.1 Selección de la válvula.** Para la selección del actuador, se considera la siguiente tabla comparativa.

**Tabla 8**

*Selección de válvula de control*




MARCA	TLV	FESTO	BVALVE
Modelo	MC-COSR-16	ASCO NTP	RF ELECTRIC
Presión	16 bar	4 bar	20 bar
Temperatura	0 a 50 °C	-10 a 145°C	-10 a 120°C
Control	4 a 20mA	4 a 20 mA	4 a 20 mA
Estabilidad	alta	media	media
Imagen			

Nota. Se opta por la válvula proporcional TLV de modelo MC-COSR-16, porque tiene el control a través de una señal analógica de 4 a 20 ma la cual será conectada al PLC siemens S7-1200 dc/dc/dc a una de sus entradas analógicas, también es adecuada ya que soporta una buena presión de operación, además de esto está válvula de control es óptima para regular y mantener estable el caudal lo cual es adecuado para el diseño del sistema de control automático de flujo. Fuente. Elaboración propia, 2022.

**3.6.8.2 Selección caudalímetro.** Para la selección del caudalímetro, se considera la siguiente tabla comparativa.

**Tabla 9**

*Selección de caudalímetro*

MARCA	VORTEX	Turbine meter	METRI
Modelo	VX 570	KTFG	IC-GTM
Temperatura	-20 a 60°C	-30 a 80°C	-40 a 350°C
Presión máx.	40 bar	1.06 bar	400 bar
Control	4 a 20 mA	4 a 20 mA	4 a 20 mA
Error %	1%	1,5%	2%
Imagen			




Nota. Se opta por el caudalímetro de marca VORTEX, ya que si bien es cierto posee no tan buenas características con respecto a temperatura y presión, esta posee una mejor precisión (1%) respecto a los otros dos caudalímetros mostrados en la tabla. Fuente.

Elaboración propia 2022

**3.6.8.3 Selección PLC.** Para la selección del PLC, se considera la siguiente tabla comparativa.

**Tabla 10**

*Selección de PLC*

MARCA	SIEMENS	SCHNEIDER	ABB
Tipo	S7-1200 1214C DC/DC/DC	MODICON M221 CE16R	AC500-eCo PM564- TP
Entrada digital	14	9	6
Entrada analógica	2	2	2
Salida digital	10	7	6
Salida analógica	1	0	1
Comunicación	ETHERNET	ETHERNET	ETHERNET
Imagen			

Se opta por el PLC SIEMENS S7-1200 DC/DC/DC porque es necesario al menos 2 entrada analógica, 10 salidas digitales, 1 salida analógica más comunicación ETHERNET y además el software utilizado es WINCC EXPLORER, el cual es compatible y de fácil configuración para periféricos de la marca SIEMENS. Este PLC es comercial lo cual que significa una rápida atención al cliente en caso se necesite. En la *Figura 10* se muestra el PLC SIEMENS

S71200-1214 DC/DC/DC. Fuente. Elaboración propia, 2022.

### **3.7 Análisis de datos**

Concluido el trabajo de campo, se procederá a construir una base de datos para luego realizar los análisis estadísticos en el paquete SPSS versión 27 y Microsoft Excel. Realizando lo siguiente:

- a. Obtención de frecuencias y porcentajes en variables cualitativas.
- b. Construcción de tablas para cada percepción según grupos referentes.
- c. Elaboración de gráficos por cada percepción estudiada para la presentación de resultados.
- d. Análisis inferencial con la prueba de correlación

## IV. RESULTADOS

Para demostrar que los resultados son los esperados, se presentan a continuación:

- Encuesta Likert para la dimensión de hardware, software y eficiencia del pre y post test; ficha de registro para el pre test y escala Likert para el post test de la dimensión eficacia.
- Las encuestas realizadas fueron validadas por los expertos del Inacal (ANEXO B).

### 4.1 Desarrollo de los ítems del pre test y post test para la dimensión hardware.

#### 4.1.1 ÍTEM 1: Brinda seguridad física al técnico del laboratorio.

**Tabla 11**

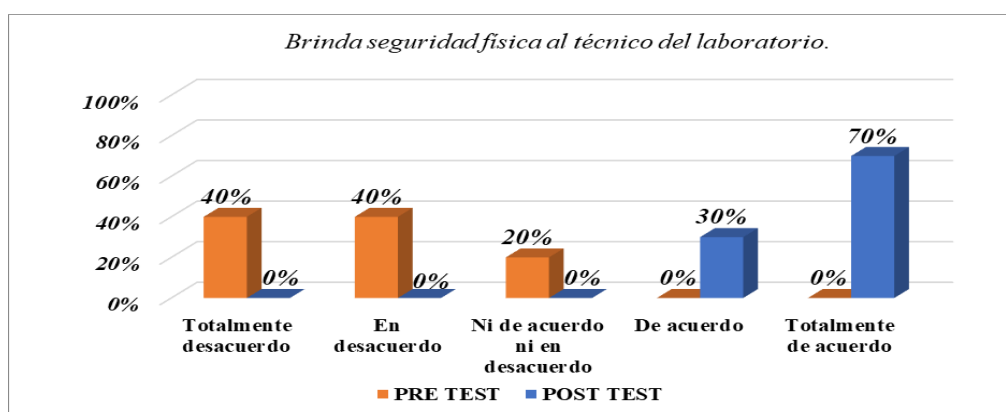
*Dimensión hardware – ítem 1*

	PRE TEST		POST TEST	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	4	40 %	0	0 %
En desacuerdo	4	40 %	0	0 %
Válido Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	20 %	0	0 %
De acuerdo	0	0 %	3	30 %
Totalmente de acuerdo	0	0 %	7	70 %
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Hardware. Elaboración propia, 2022.

**Figura 41**

*Representación del pre test y el post test de la dimensión hardware – ítem 1.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según lo que podemos observar en la siguiente grafica (figura 41) es que un 40% de los encuestados está totalmente desacuerdo con la seguridad física que brinda el hardware del sistema de control manual de flujo; un 40% está en desacuerdo; mientras que un 20% ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, podemos observar que un 30% de los encuestados está de acuerdo con la seguridad física que brinda el sistema de control automático de flujo; mientras que el 70% está totalmente de acuerdo.

#### 4.1.2 ÍTEM 2: Brinda confiabilidad para su uso.

**Tabla 12**

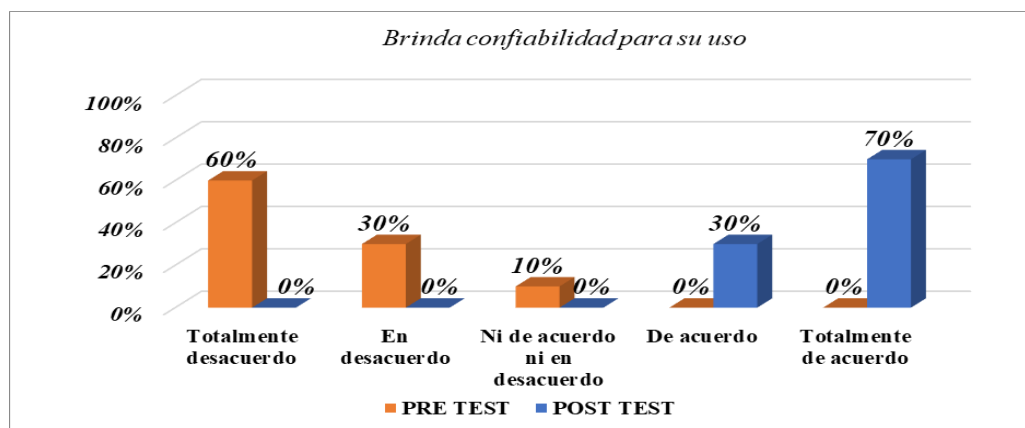
*Dimensión hardware – ítem 2*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	6	60 %	0	0 %
	En desacuerdo	3	30 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1	10 %	0	0 %
	De acuerdo	0	0 %	3	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	7	70 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Hardware. Elaboración propia, 2022.

**Figura 42**

*Representación del pre test y el post test de la dimensión hardware – ítem 2.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 42) , un 60% de los encuestados están totalmente en desacuerdo con la confiabilidad para el uso que brinda el hardware del sistema de control manual de flujo; un 30% está en desacuerdo; un 10% está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, podemos observar que un 30% de los encuestados está de acuerdo con la confiabilidad para el uso que brinda el sistema de control automático de flujo y un 70% está totalmente de acuerdo.

#### 4.1.3 ÍTEM 3: *El variador de frecuencia no es manipulado manualmente para regular el flujo.*

**Tabla 13**

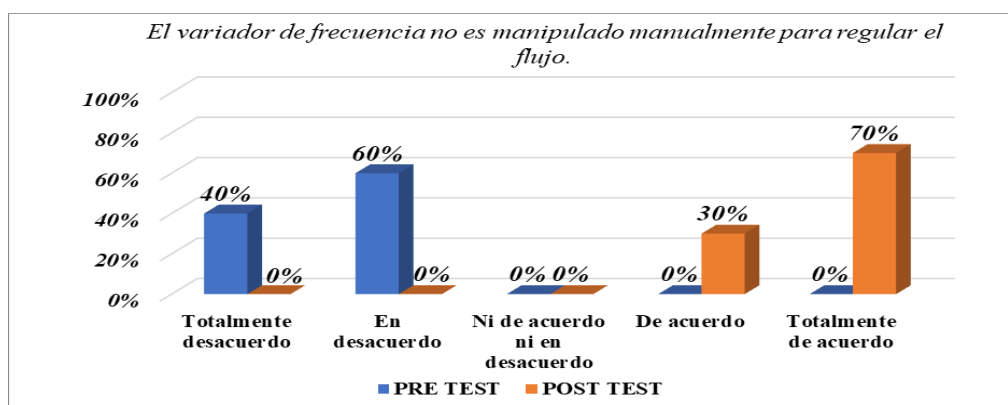
*Dimensión hardware – ítem 3*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	4	40 %	0	0 %
	En desacuerdo	6	60 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
	De acuerdo	0	0 %	3	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	7	70 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Hardware. Elaboración propia, 2022.

**Figura 43**

*Representación del pre test y el post test de la dimensión hardware – ítem 3.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 43) ,un 40% de los encuestados está totalmente en desacuerdo que no es necesario manipular el variador de frecuencia para regular el flujo sistema regulador manual de flujo y un 60 % se muestra en desacuerdo con lo ya mencionado. Por otro lado, un 30 % de los ya encuestados están de acuerdo en que no es necesario manipular el variador de frecuencia para regular el flujo sistema de control automático de flujo, mientras que un 70 % está totalmente de acuerdo.

#### 4.1.4 ÍTEM 4: La válvula de control de ingreso de aire es adecuada para regular el flujo.

**Tabla 14**

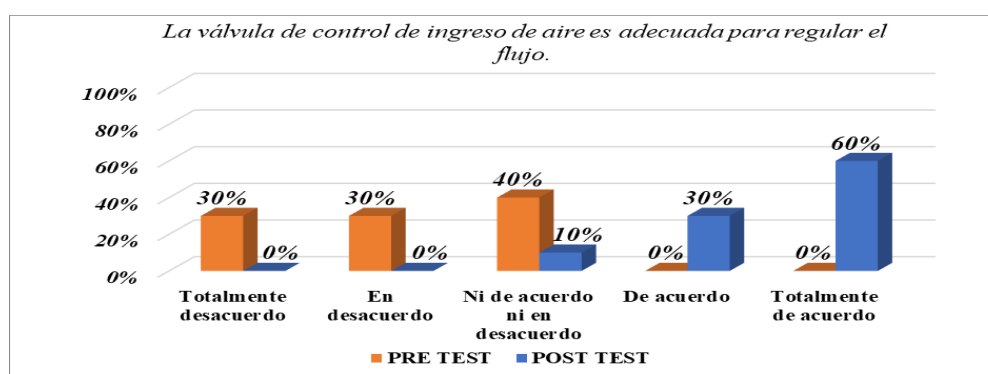
*Dimensión hardware – ítem 4*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	3	30 %	0	0 %
	En desacuerdo	3	30 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	40 %	1	10 %
	De acuerdo	0	0 %	6	60 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	3	30 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Hardware. Elaboración propia, 2022.

**Figura 44**

*Representación del pre test y el post test de la dimensión hardware – ítem 4.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 44), un 30% de los encuestados está totalmente desacuerdo con que la válvula de control de ingreso de aire es adecuada para regular el flujo del sistema regulador manual de flujo, un 30 % en desacuerdo, mientras que un 40 está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, un 10 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni es desacuerdo con que la válvula de control de ingreso de aire es adecuada para regular el flujo del sistema de control automático de flujo, un 30% están de acuerdo, mientras que un 60% están totalmente de acuerdo.

#### 4.1.5 Resultados comparativos generales del pre test y post test de la dimensión hardware.

**Tabla 15**

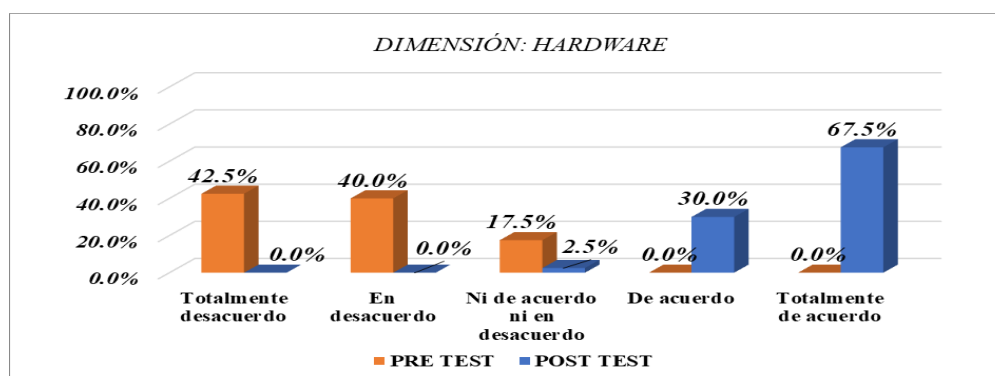
*Pre test y post test de los grupos experimentales para la dimensión hardware*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	17	42,5 %	0	0 %
	En desacuerdo	16	40,0 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	7	17,5 %	1	2,5 %
	De acuerdo	0	0,0 %	12	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0,0 %	27	67,5 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Hardware. Elaboración propia, 2022.

**Figura 45**

*Pre test y post test de los grupos experimentales para la dimensión hardware.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con los resultados se percibe, que el 42.5% de las personas encuestadas se encuentran totalmente en desacuerdo, un 40% en desacuerdo y un 17.5% ni de acuerdo ni en desacuerdo del grupo en el pre test, mientras que en el post test un 2,5 % se encuentra ni de acuerdo ni en desacuerdo, un 30% se encuentra de acuerdo y un 67,5% se encuentra totalmente de acuerdo en términos generales sobre la dimensión Hardware.

## 4.2 Desarrollo de los ítems del pre test y post test para la dimensión Software.

### 4.2.1 ÍTEM 1: Brinda confiabilidad a la hora de mostrar el flujo.

**Tabla 16**

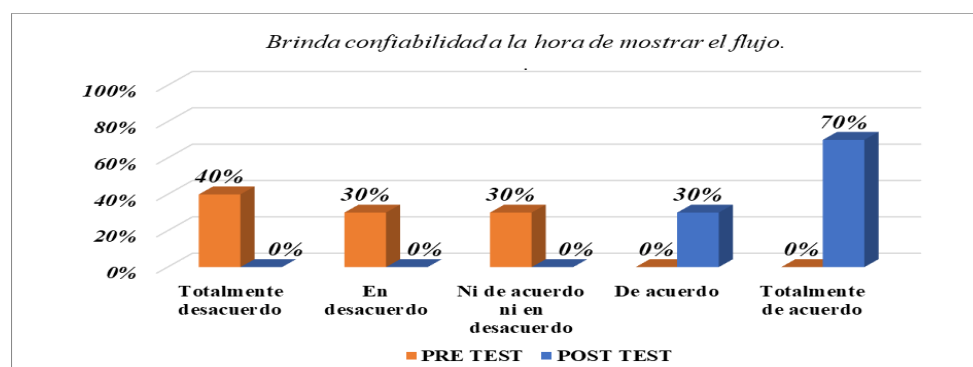
*Dimensión software – ítem 1*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	4	40 %	0	0 %
	En desacuerdo	3	30 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30 %	0	0 %
	De acuerdo	0	0 %	3	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	7	70 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Software. Elaboración propia, 2022.

**Figura 46**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión software-ítem 1.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 46), un 40% de los encuestados están totalmente desacuerdo con la confiabilidad a la hora de mostrar el flujo que brinda el software del sistema de control de flujo manual, un 30% se muestra en desacuerdo, mientras que un 30% están ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, podemos observar que un 30% de los encuestados está de acuerdo con la confiabilidad que brinda a la hora de mostrar el flujo el sistema de control automático de flujo, mientras que el otro 70% está totalmente de acuerdo.

#### 4.2.2 ÍTEM 2: Posee clave de protección ante posibles modificaciones.

**Tabla 17**

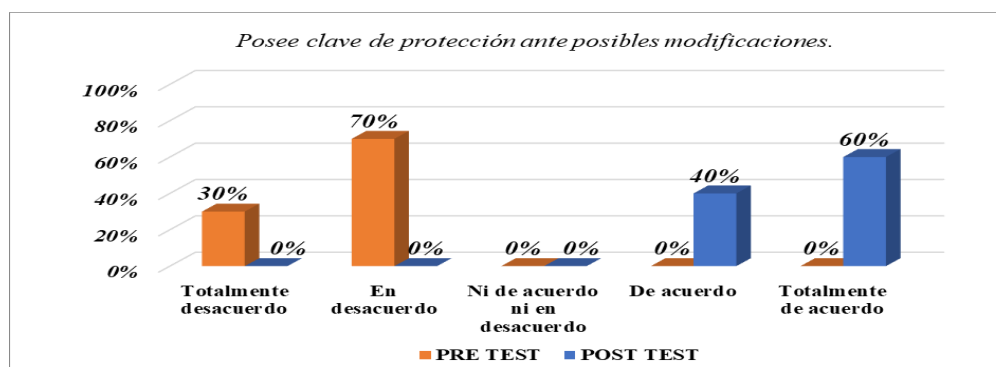
*Dimensión software – ítem 2*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	3	30 %	0	0 %
	En desacuerdo	7	70 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
	De acuerdo	0	0 %	4	20 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	6	80 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Software. Elaboración propia, 2022.

**Figura 47**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión software-ítem 2.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 47), un 30% de los encuestados está totalmente en desacuerdo con que el software del sistema de control manual de flujo posea una clave de protección ante posibles modificaciones; mientras que el otro 70% está en desacuerdo con lo ya mencionado. Por otro lado, podemos observar que un 40% de los encuestados está de acuerdo en que sistema de control automático de flujo posee una clase de protección ante posibles modificaciones; mientras que un 60% está totalmente de acuerdo con ello.

#### 4.2.3 ÍTEM 3: La respuesta del software es rápida.

**Tabla 18**

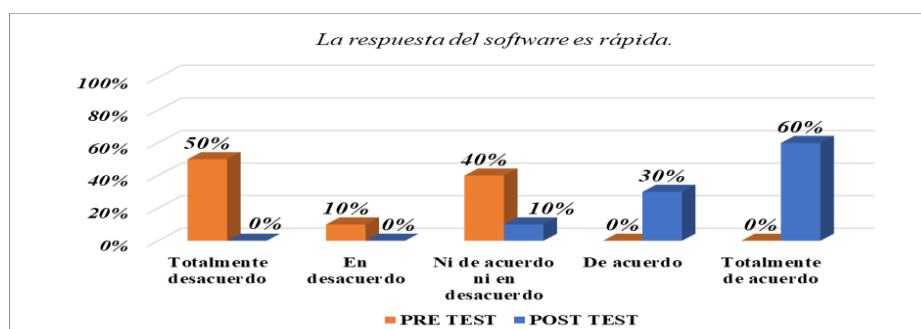
*Dimensión software – ítem 3*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	5	50 %	0	0 %
	En desacuerdo	1	10 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	40 %	1	10 %
	De acuerdo	0	0 %	3	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	6	60 %
Total		5	100 %	5	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Software. Elaboración propia, 2022.

**Figura 48**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión software-ítem 3.*



Fuente: Elaboración propia, 2022

Según la (Figura 48) ,un 50% de los encuestados se muestran totalmente en desacuerdo con la rapidez en respuesta del software del sistema regulador de flujo manual, mientras que un 10 % está en desacuerdo y un 40 % está ni de acuerdo ni en desacuerdo con lo mencionado. Por otro lado, un 30 % de los ya encuestados está de acuerdo con la rapidez en respuesta del software del diseño del sistema de control automático de flujo, mientras que un 60 % se muestran totalmente de acuerdo.

#### 4.2.4 ÍTEM 4: Muestra gráficos para comprender el comportamiento del flujo.

**Tabla 19**

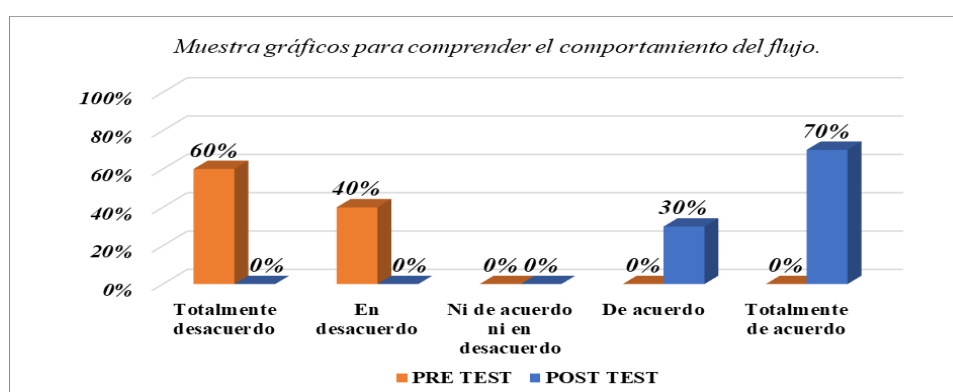
*Dimensión software – ítem 4*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	6	60 %	0	0 %
	En desacuerdo	4	40 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
	De acuerdo	0	0 %	3	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	7	70 %
	Total	10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Software. Elaboración propia, 2022.

**Figura 49**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión software-ítem 4.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 49) , un 60% de los encuestados se muestran totalmente en desacuerdo con que el sistema regulador manual de flujo muestre gráficos para comprender el comportamiento del flujo, mientras que un 40% está en desacuerdo con lo mencionado. Por otro lado, un 30% de los ya encuestados está de acuerdo con que el sistema de control automático de flujo muestra gráficos para comprender el comportamiento del flujo, mientras que un 70 % se muestran totalmente de acuerdo con ello.

#### 4.2.5 ÍTEM 5: *Le resultado sencillo el uso del software.*

**Tabla 20**

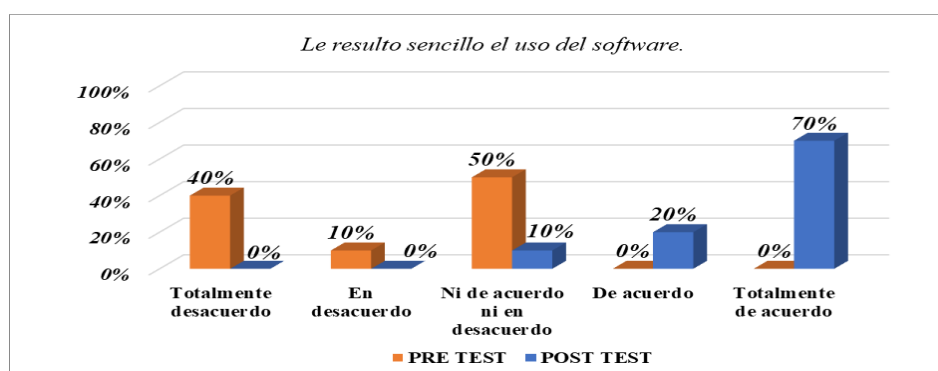
*Dimensión software – ítem 5*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	4	40 %	0	0 %
	En desacuerdo	1	10 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	5	50 %	1	10 %
	De acuerdo	0	0 %	2	20 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	7	70 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Software. Elaboración propia, 2022.

**Figura 50**

*Representación del pre test y el post test de la dimensión software – ítem 5.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 50), un 40% de los encuestados se muestran en desacuerdo con la sencillez en el uso del software del sistema regulador manual de flujo, un 10% se muestra en desacuerdo, mientras que un 50 % está ni de acuerdo ni en desacuerdo con lo mencionado. Por otro lado, un 10 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo acuerdo con que el software del sistema de control automático de flujo es sencillo de usar, un 20% está de acuerdo, mientras que un 70 % se muestran totalmente de acuerdo con ello.

#### 4.2.6 Resultados comparativos generales del pre test y post test de la dimensión Software

**Tabla 21**

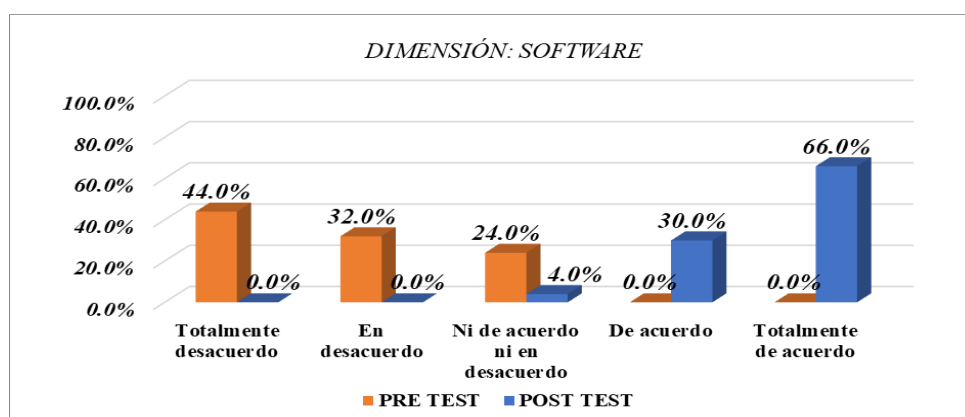
*Pre test y post test de los grupos experimentales para la dimensión Software.*

	PRE TEST		POST TEST	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	22	44 %	0	0 %
En desacuerdo	16	32 %	0	0 %
Válido Ni de acuerdo ni en desacuerdo	12	24 %	2	4 %
De acuerdo	0	0 %	15	30 %
Totalmente de acuerdo	0	0 %	33	66 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Software. Elaboración propia, 2022.

**Figura 51**

*Representación gráfica del pre test y post test totales de la dimensión software.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con los resultados de la (Figura 51) se percibe, que el 44% de las personas encuestadas se encuentran totalmente en desacuerdo, un 32% en desacuerdo y un 24% ni de acuerdo ni en desacuerdo del grupo en el pre test, mientras que en el post test un 4% se encuentra ni de acuerdo ni en desacuerdo, un 30% se encuentra de acuerdo y un 66% se encuentra totalmente de acuerdo en términos generales sobre la dimensión Software.

### 4.3 Desarrollo de los ítems del pre test y post test para la dimensión Eficiencia.

#### 4.3.1 ÍTEM 1: *El presente sistema posee rutinas de ensayo para reducir los tiempos de verificación de cada medidor.*

Tabla 22

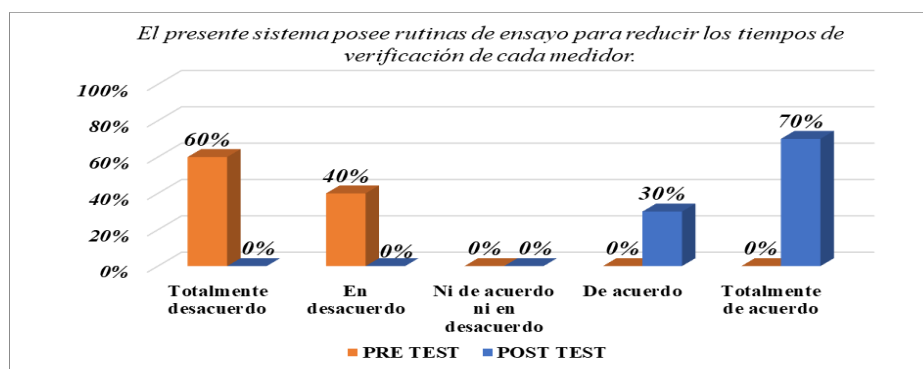
Dimensión eficiencia-ítem 1

	PRE TEST		POST TEST		
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	
Válido	Totalmente en desacuerdo	6	60 %	0	0 %
	En desacuerdo	4	40 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
	De acuerdo	0	0 %	3	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	7	70 %
	<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficiencia. Elaboración propia, 2022.

Figura 52

Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficiencia-ítem 1.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 52) ,un 60% de los encuestados se muestran totalmente desacuerdo con que el sistema de control manual de flujo posea rutinas de ensayo para reducir los tiempos de verificación de los medidores de gas, un 40% se muestra en desacuerdo. Por otro lado, un 30 % de los ya encuestados están de acuerdo con que el sistema de control automático de flujo posee rutinas de ensayo para reducir los tiempos de verificación de los medidores de gas, mientras que un 70 % se muestran totalmente de acuerdo con ello.

#### 4.3.2 ÍTEM 2: *En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular el variador de frecuencia.*

**Tabla 23**

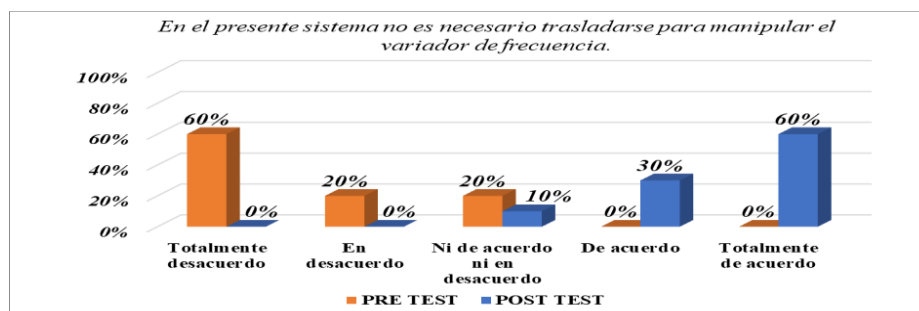
*Dimensión eficiencia-ítem 2*

	PRE TEST		POST TEST	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	6	60 %	0	0 %
En desacuerdo	2	20 %	0	0 %
Válido Ni de acuerdo ni en desacuerdo	2	20 %	1	10 %
De acuerdo	0	0 %	3	30 %
Totalmente de acuerdo	0	0 %	6	60 %
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficiencia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 53**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficiencia-ítem 2.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 53), un 60% de los encuestados está totalmente desacuerdo con que el sistema de control manual de flujo no requiere un traslado para manipular el variador de frecuencia, un 20% se muestra en desacuerdo y un 20 % está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, un 10 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con que el sistema de control automático de flujo no requiere un traslado para manipular el variador de frecuencia, mientras que un 30 % se muestran de acuerdo y un 60% está totalmente de acuerdo.

#### 4.3.3 ÍTEM 3: *En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular la válvula de ingreso de aire.*

**Tabla 24**

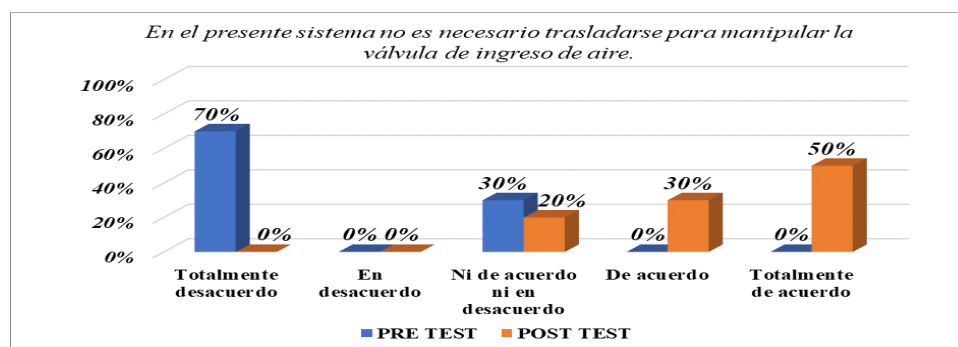
*Dimensión eficiencia-ítem 3*

	PRE TEST		POST TEST	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	7	70 %	0	0 %
En desacuerdo	0	0 %	0	0 %
Válido Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3	30 %	2	20 %
De acuerdo	0	0 %	3	30 %
Totalmente de acuerdo	0	0 %	5	50 %
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficiencia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 54**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficiencia-ítem 3.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 54), un 70% de los encuestados se muestran totalmente desacuerdo con que el sistema de control manual de flujo no requiere un traslado para manipular la válvula de ingreso de aire, un 30% está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, un 20 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con que el sistema de control automático de flujo no requiere un traslado para manipular la válvula de ingreso de aire, mientras que un 30 % se muestran de acuerdo y un 50% está totalmente de acuerdo con ello.

#### 4.3.4 ÍTEM 4: *No es necesario trasladarse para detener el proceso de verificación por algún fallo de los equipos.*

**Tabla 25**

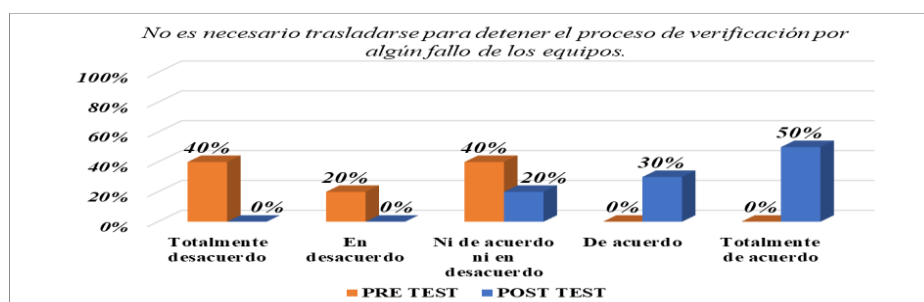
*Dimensión eficiencia-ítem 4*

	PRE TEST		POST TEST	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	4	40 %	0	0 %
En desacuerdo	2	20 %	0	0 %
Válido Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	40 %	2	20 %
De acuerdo	0	0 %	3	30 %
Totalmente de acuerdo	0	0 %	5	50 %
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficiencia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 55**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficiencia-ítem 4.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 55), un 40% de los encuestados se muestran totalmente desacuerdo con que el sistema de control manual de flujo no requiere un traslado para manipular la válvula de ingreso de aire, un 30% está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, un 20 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con que el sistema de control automático de flujo no requiere un traslado para manipular la válvula de ingreso de aire, un 30 % se muestran de acuerdo y un 50% está totalmente de acuerdo con ello.

**4.3.5 ÍTEM 5: Se ha aminorado el tiempo de uso del soplador industrial por cada medidor verificado.**

**Tabla 26**

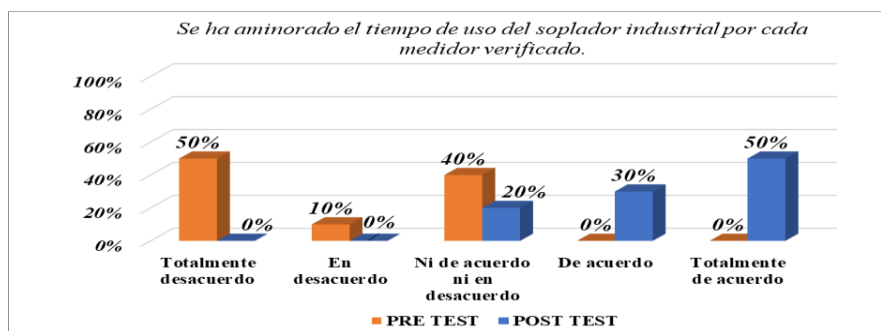
*Dimensión eficiencia-ítem 5*

	PRE TEST		POST TEST	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	5	50 %	0	0 %
En desacuerdo	1	10 %	0	0 %
Válido Ni de acuerdo ni en desacuerdo	4	40 %	2	20 %
De acuerdo	0	0 %	3	30 %
Totalmente de acuerdo	0	0 %	5	50 %
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficiencia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 56**

Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficiencia-ítem 5.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 56), un 50% de los encuestados se muestran totalmente desacuerdo con que el sistema de control manual de flujo reduce el tiempo de uso del soplador por cada medidor verificado, un 10% está en desacuerdo y un 40% está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, un 20 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con que el sistema de control automático de flujo reduce el tiempo de uso del soplador por cada medidor verificado, un 30 % se muestran de acuerdo y un 50% está totalmente de acuerdo con ello.

#### 4.3.6 ÍTEM 6: *Se ha aminorado el tiempo de uso del variador de frecuencia por cada medidor verificado.*

**Tabla 27**

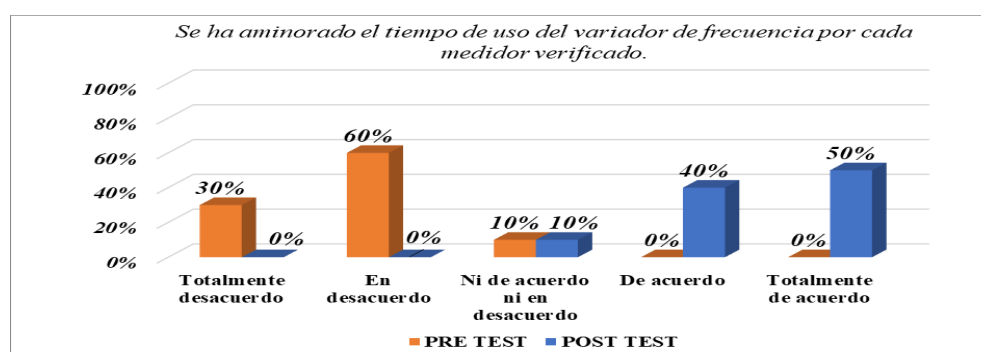
*Dimensión eficiencia-ítem 6*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	3	30 %	0	0 %
	En desacuerdo	6	60 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1	10 %	1	10 %
	De acuerdo	0	0 %	4	40 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	5	50 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficiencia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 57**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficiencia-ítem 6.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 57), un 30% de los encuestados se muestran totalmente desacuerdo con que el sistema de control manual de flujo reduce el tiempo de uso del variador de frecuencia por cada medidor verificado, un 60% está en desacuerdo y un 10% está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, un 10 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con que el sistema de control automático de flujo reduce el tiempo de uso del variador de frecuencia por cada medidor verificado, mientras que un 40 % se muestran de acuerdo y un 50% está totalmente de acuerdo con ello.

#### 4.3.7 Resultados comparativos generales del pre test y post test de la dimensión eficiencia.

**Tabla 28**

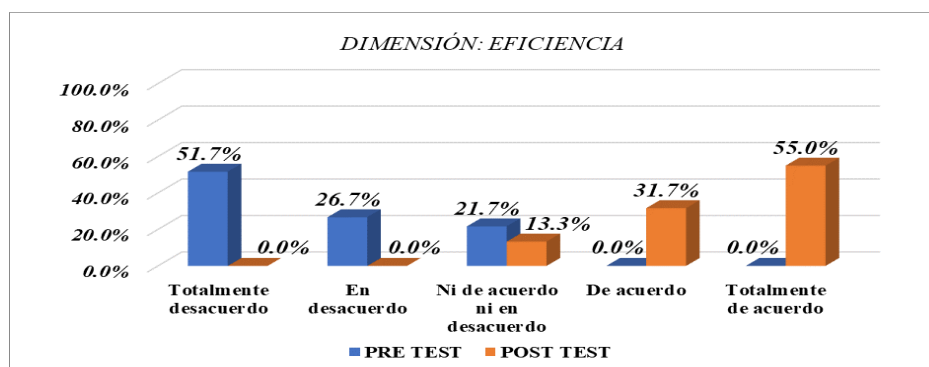
*Pre test y post test de los grupos experimentales para la dimensión eficiencia.*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	31	51,7 %	0	0,0 %
	En desacuerdo	16	26,6 %	0	0,0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	13	21,7 %	8	13,3 %
	De acuerdo	0	0,0 %	19	31,7 %
	Totalmente de acuerdo	0	0,0 %	33	55,0 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficiencia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 58**

*Representación gráfica del pre test y post test totales de la dimensión eficiencia.*



Fuente. Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con los resultados de la (Figura 58) se percibe, que el 51,7% de las personas encuestadas se encuentran totalmente en desacuerdo, un 26,7 % en desacuerdo y un 21,7% ni de acuerdo ni en desacuerdo del grupo en el pre test, mientras que en el post test un 13,3% se encuentra ni de acuerdo ni en desacuerdo, un 31,7% se encuentra de acuerdo y un 55,0% está totalmente de acuerdo en términos generales sobre la dimensión Eficiencia.

#### 4.4 Desarrollo de los ítems del pre test y post test para la dimensión Eficacia.

##### 4.4.1 ÍTEM 1: En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan buena es la calidad de servicio brindada laboratorio de flujo se gases?

Tabla 29

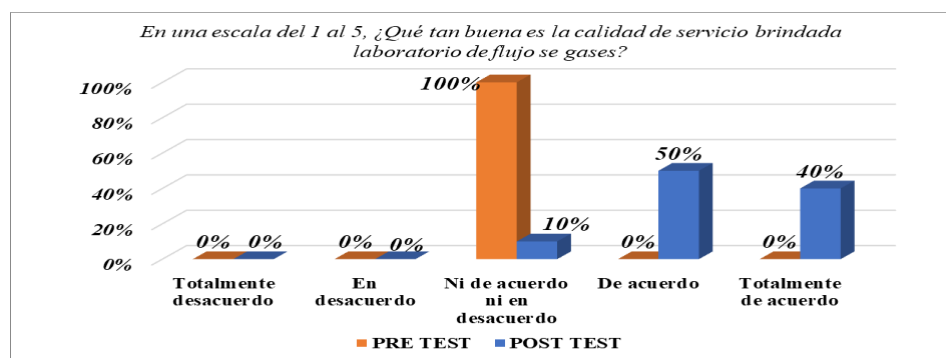
Dimensión eficacia-ítem 1

	PRE TEST		POST TEST	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
En desacuerdo	0	0 %	0	0 %
Válido Ni de acuerdo ni en desacuerdo	10	100 %	1	10 %
De acuerdo	0	0 %	5	50 %
Totalmente de acuerdo	0	0 %	4	40 %
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficacia. Elaboración propia, 2022.

Figura 59

Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficacia-ítem 1.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 59), un 100% de los encuestados se muestran ni de acuerdo ni es desacuerdo con la calidad de servicio brindada por el laboratorio de flujo de gases empleando el sistema de control manual de flujo .Por otro lado, un 10 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con la calidad de servicio brindada por el laboratorio de flujo de gases empleando el sistema de control automático de flujo, mientras que un 50 % se muestran de acuerdo y un 40% está totalmente de acuerdo con ello.

**4.4.2 ÍTEM 2: Califique la confiabilidad del laboratorio de flujo de gases cuando emiten los resultados de los medidores verificados, en una escala del 1 al 5.**

**Tabla 30**

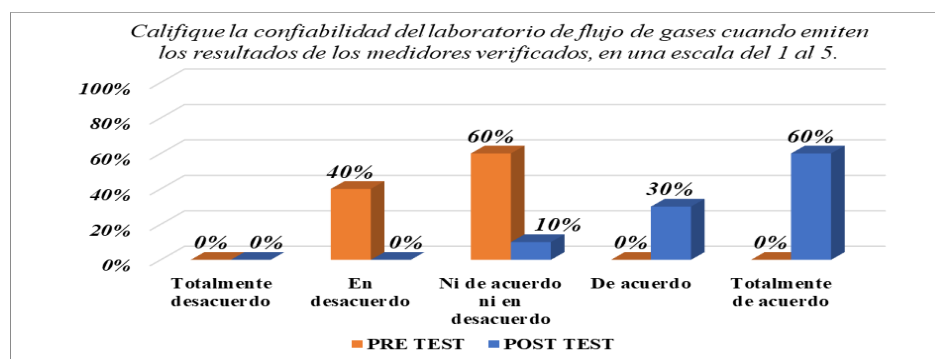
*Dimensión eficacia-ítem 2*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
	En desacuerdo	4	40 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	6	60 %	1	10 %
	De acuerdo	0	0 %	3	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	6	60 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficacia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 60**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficacia-ítem 2.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 60), un 40% de los encuestados se muestran en desacuerdo con la confiabilidad de los resultados del laboratorio de flujo empleando el sistema de control manual de flujo y un 60 % está ni de acuerdo ni es desacuerdo, Por otro lado, un 10 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con la confiabilidad de los resultados del laboratorio de flujo empleando el sistema de control automático de flujo, mientras que un 30% está de acuerdo y un 60% eta totalmente de acuerdo.

#### 4.4.1 ÍTEM 3: *El laboratorio de flujo de gases cumple con la entrega del medidor verificado en la fecha que indica.*

**Tabla 31**

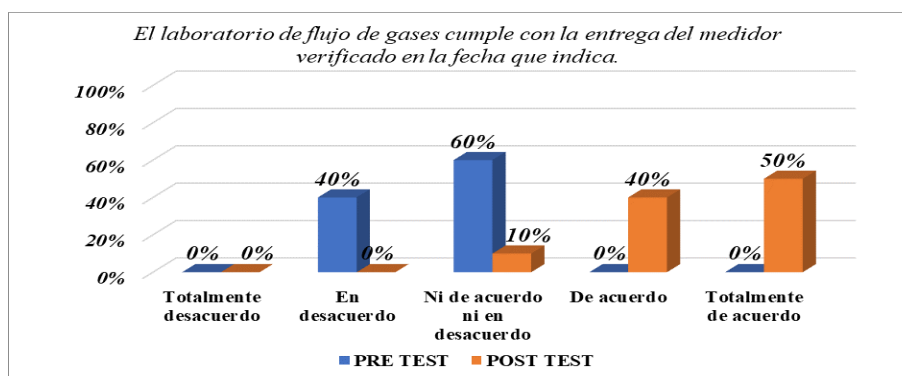
*Dimensión Eficacia-ítem 3*

	PRE TEST		POST TEST	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
En desacuerdo	4	40 %	0	0 %
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	6	60 %	1	10 %
De acuerdo	0	0 %	4	40 %
Totalmente de acuerdo	0	0 %	5	50 %
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>	<b>10</b>	<b>100 %</b>

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficacia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 61**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficacia-ítem 3.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 61), un 40% de los encuestados se muestran en desacuerdo con que el laboratorio de flujo de gases cumple con la entrega de los medidores verificados en la fecha indicada, teniendo en cuenta que se emplea el sistema de control manual de flujo y un 60% está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Por otro lado, un 10 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con que el laboratorio de flujo de gases cumple con la entrega de los medidores verificados en la fecha indicada, teniendo en cuenta que se emplea el sistema de control automático de flujo, un 40% está de acuerdo y un 60% se muestra totalmente de acuerdo.

#### 4.4.1 ÍTEM 4: Considera que no hay reclamos hacia el laboratorio de flujo de gases.

**Tabla 32**

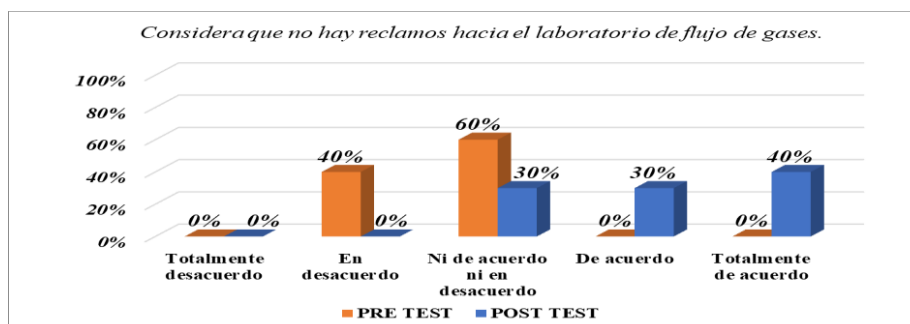
*Dimensión Eficacia-item 4*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
	En desacuerdo	4	40 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	6	60 %	3	30 %
	De acuerdo	0	0 %	3	30 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	4	40 %
Total		10	100 %	10	100 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficacia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 62**

*Representación gráfica del pre test y post test de la dimensión eficacia-item 4.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Según la (Figura 62), un 40% de los encuestados se muestran en desacuerdo con la inexistencia de reclamos en el laboratorio de flujo de gases teniendo en cuenta que se emplea el sistema de control manual de flujo y 60% está ni de acuerdo ni en desacuerdo con ello . Por otro lado, un 30 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en con la inexistencia de reclamos en el laboratorio de flujo de gases teniendo en cuenta que se emplea el sistema de control automático de flujo, un 30 % está de acuerdo y un 60 % se muestra totalmente de acuerdo.

#### 4.4.1 Resultados comparativos generales del pre test y post test de la dimensión Eficacia.

**Instrumento: Ficha de registro y encuesta Likert (ANEXO D Y E)**

**Tabla 33**

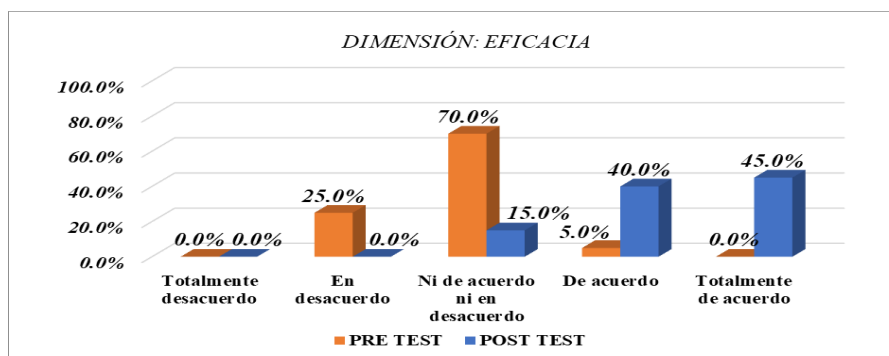
*Pre test y post test de los grupos experimentales para la dimensión eficacia.*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	0	0 %	0	0 %
	En desacuerdo	10	25 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	28	70 %	6	15 %
	De acuerdo	2	5 %	15	40 %
	Totalmente de acuerdo	0	0 %	19	45 %

Nota. Análisis del Pre test y Post test de la dimensión Eficiencia. Elaboración propia, 2022.

**Figura 63**

*Representación gráfica del pre test y post test totales de la dimensión eficacia.*



Fuente. Elaboración propia, 2022.

Según lo que podemos observar en la siguiente grafica (Figura 63) es que un 25 % de los encuestados se muestran en desacuerdo con la eficacia del sistema de control manual de flujo , un 75 % está ni de acuerdo ni en desacuerdo y un 5% está de acuerdo.

Por otro lado, un 15 % de los ya encuestados están ni de acuerdo ni en desacuerdo con la eficacia del sistema de control automático de flujo, mientras que un 40 % se muestran de acuerdo y un 45 % está totalmente de acuerdo con ello.

#### 4.5 Resultados comparativos generales del pre test y post test.

##### 4.5.1 Resultados comparativos generales del pre test y post test de todas las dimensiones.

**Tabla 34**

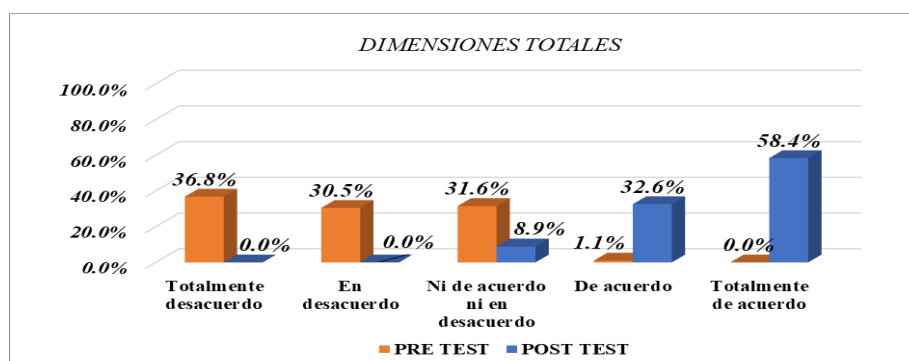
*Pre test y post test del total de los grupos experimentales.*

		PRE TEST		POST TEST	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válido	Totalmente en desacuerdo	70	36,8 %	0	0 %
	En desacuerdo	58	30,5 %	0	0 %
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	60	31,6 %	17	8,9 %
	De acuerdo	2	1,1 %	62	32,6 %
	Totalmente de acuerdo	0	0,0 %	111	58,4 %

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 64**

*Pre test y post test del total de los grupos experimentales.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo con los resultados mostrados en la gráfica (Figura 64) se puede decir que el 36,8% de las personas encuestadas se encuentran totalmente en desacuerdo, un 30,5% en desacuerdo y un 31,6% ni de acuerdo ni en desacuerdo del grupo en el pre test, mientras que en el post test un 8,9% ni de acuerdo ni en desacuerdo, un 32,6% se encuentra de acuerdo y un 58,4% se encuentra totalmente de acuerdo en términos generales sobre el total de personas encuestadas con el instrumento.

## **4.6 Resultados inferenciales**

### ***4.6.1 Pruebas de Normalidad del pre test (sistema de control manual de flujo)***

Antes de realizar la prueba de hipótesis respectiva primero determinaremos si hay una distribución normal de los datos (estadística paramétrica) o no, es decir una libre distribución (estadística no paramétrica). Para tal efecto utilizaremos la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk por ser un grupo de 10 elementos. A continuación, veremos la prueba de normalidad para el grupo experimental: Para determinar la normalidad de los resultados, plantearemos las siguientes hipótesis para su validación:

H0: Los datos no provienen de una distribución normal.

H1: Los datos provienen de una distribución normal.

H0, sí y solo si:  $\text{sig} (p\_valor) < 0,05$

H1, sí y solo si:  $\text{sig} (p\_valor) > 0,05$

En donde, se obtuvieron los siguientes resultados siguientes:

**Tabla 35**

*Pruebas de normalidad del total de dimensiones del pre test.*

	kolmogórov-smirnov			shapiro-wilk		
	estadístico	gl	sig.	estadístico	gl	sig.
Sistema de control manual de flujo (agrupada)	,482	10	,000	,509	10	,000
Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial (agrupada)	,482	10	,000	,509	10	,000
Hardware (agrupada)	,424	10	,000	,699	10	,001
Software (agrupada)	,482	10	,000	,509	10	,000
Eficiencia (agrupada)	,433	10	,000	,594	10	,000
Eficacia (agrupada)	,482	10	,000	,509	10	,000

a. corrección de significación de lilliefors

Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### **4.6.2 Prueba de hipótesis general del pre test**

H1: El sistema de control manual de flujo (pre test) mejora la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0: El sistema de control manual de flujo (pre test) no mejora la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0, sí y solo si:  $\text{sig} (p\_valor) > 0,05$

Ha, si y solo si:  $\text{sig} (p\_valor) < 0,05$

**Tabla 36***Pruebas de hipótesis general del pre test*

			Sistema de control de flujo manual (agrupada)	Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial (agrupada)
rho de spearman	Sistema de control de flujo manual (agrupada)	coeficiente de correlación sig. (bilateral)	1,000	,250
		n	.	,486
			10	10
	Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial (agrupada)	coeficiente de correlación sig. (bilateral)	,250	1,000
		n	,486	.
			10	10

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Interpretación**

Como el coeficiente de Rho Spearman es 0,486 y de acuerdo con el baremo de estimación de la correlación de Spearman, existe una correlación positiva baja. Además, el nivel de significancia es mayor que 0,05 ( $0,486 > 0,05$ ), esto indica que no existe relación entre las variables. Luego podemos concluir que el sistema de control manual de flujo no mejora la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

**4.6.3 Prueba de hipótesis específica de la dimensión eficiencia del pre test**

H1: La influencia de un sistema de control manual de flujo (pre test) mejora la eficiencia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0: La influencia de un sistema de control manual de flujo (pre test) no mejora la eficiencia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0, sí y solo si:  $\text{sig} (p\_valor) > 0,05$

Ha, si y solo si:  $\text{sig} (p\_valor) < 0,05$

**Tabla 37***Pruebas de hipótesis específica de la eficiencia del pre test*

			Eficiencia (agrupada)	Sistema de control de flujo manual (agrupada)
rho de spearman	Eficiencia (agrupada)	coeficiente de correlación	1,000	,218
		sig. (bilateral)	.	,545
		n	10	10
	Sistema de control manual de flujo (agrupada)	coeficiente de correlación	,218	1,000
		sig. (bilateral)	,545	.
		n	10	10

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Interpretación**

Como el coeficiente de Rho Spearman es 0,545 y de acuerdo con el baremo de estimación de la correlación de Spearman, existe una correlación positiva baja. Además, el nivel de significancia es mayor que 0,05 ( $0,545 > 0,05$ ), esto indica que no existe relación entre las variables. Luego podemos concluir que la influencia de un sistema de control manual de flujo no mejora la eficiencia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

**4.6.4 Prueba de hipótesis específica de la dimensión eficacia del pre test**

H1: La influencia de un sistema de control manual de flujo (pre test) mejora la eficacia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0: La influencia de un sistema de control manual de flujo (pre test) no mejora la eficacia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0, sí y solo si:  $\text{sig} (p\_valor) > 0,05$

Ha, si y solo si:  $\text{sig} (p\_valor) < 0,05$

**Tabla 38***Pruebas de hipótesis específica de la eficacia del pre test*

			Eficacia (agrupada)	Sistema de control manual de flujo (agrupada)
rho de spearman	Eficacia (agrupada)	coeficiente de correlación	1,000	,375
		sig. (bilateral)	.	,286
		n	10	10
	Sistema de control manual de flujo (agrupada)	coeficiente de correlación	,375	1,000
		sig. (bilateral)	,286	.
		n	10	10

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Interpretación**

Como el coeficiente de Rho Spearman es 0,286 y de acuerdo con el baremo de estimación de la correlación de Spearman, existe una correlación positiva baja. Además, el nivel de significancia es mayor que 0,05 ( $0,286 > 0,05$ ), esto indica que no existe relación entre las variables. Luego podemos concluir que la influencia de un sistema de control manual de flujo no mejora la eficacia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

#### 4.7.1 Pruebas de Normalidad del post test (sistema de control automático de flujo)

**Tabla 39**

*Pruebas de normalidad del total de dimensiones del post test.*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sistema de control automático de flujo (Agrupada)	,433	10	,000	,594	10	,000
Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial (Agrupada)	,416	10	,000	,650	10	,000
Hardware (Agrupada)	,433	10	,000	,594	10	,000
Software (Agrupada)	,381	10	,000	,640	10	,000
Eficiencia (Agrupada)	,482	10	,000	,509	10	,000
Eficacia (Agrupada)	,422	10	,000	,628	10	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### 4.7.2 Prueba de hipótesis General del post test

H1: El sistema de control automático de flujo (post test) mejora la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0: El sistema de control automático de flujo (post test) no mejora la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0, sí y solo si: sig (p\_valor) > 0,05

Ha, si y solo si: sig (p\_valor) < 0,05

**Tabla 40***Pruebas de hipótesis general del post test*

			Sistema de control automático de flujo(Agrupada)	Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial (Agrupada)
Rho de Spearman	Sistema de control automático de flujo(Agrupada)	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	1,000 . 10	,802** ,005 10
	Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial (Agrupada)	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,802** ,005 10	1,000 . 10

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### Interpretación

Como el coeficiente de Rho Spearman es 0,005 y de acuerdo con el baremo de estimación de la correlación de Spearman, existe una correlación positiva baja. Además, el nivel de significancia es menor que 0,05 ( $0,005 < 0,05$ ), esto indica que existe relación entre las variables. Luego podemos concluir que el sistema de control automático de flujo mejora la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

#### 4.7.3 Prueba de hipótesis específica de la dimensión eficiencia del post test

H1: La influencia de un sistema de control automático de flujo (post test) mejora la eficiencia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0: La influencia de un sistema de control automático de flujo (post test) no mejora la eficiencia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0, sí y solo si: sig (p\_valor) > 0,05

Ha, si y solo si: sig (p\_valor) < 0,05

**Tabla 41**

*Pruebas de hipótesis específica de la eficiencia del post test*

			Sistema de control automático de flujo(Agrupada)	Eficiencia (Agrupada)
Rho de Spearman	Sistema de control auto- mático de flujo (Agrupada)	Coefficiente de corre- lación Sig. (bilateral) N	1,000 . 10	,764* ,010 10
	Eficiencia (Agrupada)	Coefficiente de corre- lación Sig. (bilateral) N	,764* ,010 10	1,000 . 10

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### Interpretación

Como el coeficiente de Rho Spearman es 0,010 y de acuerdo con el baremo de estimación de la correlación de Spearman, existe una correlación positiva baja. Además, el nivel de significancia es menor que 0,05 ( $0,010 < 0,05$ ), esto indica que existe relación entre las variables. Luego podemos concluir que el sistema de control automático de flujo mejora la eficiencia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

#### 4.7.4 Prueba de hipótesis específica de la dimensión eficacia del post test

H1: La influencia de un sistema de control automático de flujo (post test) mejora la eficacia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0: La influencia de un sistema de control automático de flujo (post test) no mejora la eficacia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

H0, sí y solo si: sig (p\_valor) > 0,05

Ha, si y solo si: sig (p\_valor) < 0,05

**Tabla 42**

*Pruebas de hipótesis específica de la eficacia del post test*

			Sistema de control automático de flujo (Agrupada)	Eficacia (Agrupada)
Rho de Spearman	Sistema de control automático de flujo (Agrupada)	Coefficiente de correlación	1,000	,655*
		Sig. (bilateral)	.	,040
		N	10	10
	Eficacia (Agrupada)	Coefficiente de correlación	,655*	1,000
		Sig. (bilateral)	,040	.
		N	10	10

Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### Interpretación

Como el coeficiente de Rho Spearman es 0,040 y de acuerdo con el baremo de estimación de la correlación de Spearman, existe una correlación positiva baja. Además, el nivel de significancia es menor que 0,05 ( $0,040 < 0,05$ ), esto indica que existe relación entre las variables. La influencia de un sistema de control automático de flujo mejora la eficacia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación plantea describir la influencia que tiene un sistema de control automático de flujo para mejorar la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.

Díaz (2018) Concluye que al crear un sistema de control de presión constante mejorará la distribución, ahorrará energía eléctrica y habrá mayor durabilidad de equipos lo cual es un indicio de mejora en la calidad de servicio. Estos resultados van en el mismo sentido que los resultados de nuestra investigación.

En la investigación realizada por Vargas (2021). Menciona que con el desarrollo del sistema de control automático se obtuvo diversos beneficios como la reducción de costos, mejora en los procesos y procedimientos de la producción, los cuales benefician a la empresa, esto también es un indicio de mejora de la calidad de servicio lo cual refuerza nuestra investigación.

Por otro lado, Cruz (2019) Indica que su prototipo de control automático ayudara al personal técnico que realizaba un proceso de forma manual logrando de esta manera reducir los tiempos de trabajo, por lo que podemos decir que aumentara la eficiencia lo cual va en el mismo sentido de nuestra investigación.

## VI. CONCLUSIONES

6.1 De acuerdo con la investigación y al análisis de los datos obtenidos en el presente trabajo, se concluye que el sistema de control automático de flujo para la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial mejoró la calidad de servicio en un 50,53% según lo mostrado en la Tabla 34.

6.2 Del análisis realizado para la influencia del sistema de control automático se concluyó que existe un incremento del 54,33% sobre la eficiencia de acuerdo con las encuestas realizadas sobre el pre test y post test de acuerdo con la Tabla 28.

6.3 Del mismo modo, existe un incremento significativo para la dimensión hardware del sistema de control automático de flujo, dicho incremento fue de 58,00% según lo mostrado en la Tabla 15.

6.4 Igualmente, existe un incremento significativo para la dimensión software del sistema de control automático de flujo, siendo este del 56,40% según lo mostrado en la Tabla 21.

6.5 Por último, después del análisis realizado, se ve un incremento significativo para la dimensión eficacia del sistema de control automático de flujo, dicho incremento fue de un 30,5% de acuerdo con la Tabla 33.

## VII. RECOMENDACIONES

7.1 Se recomienda realizar un mantenimiento periódico a la válvula proporcional y al soplador industrial instalado en el sistema de control automático ya que estos al tener partes mecánicas puede ocasionar que haya muchas perturbaciones del flujo.

7.2 Se recomienda evaluar permanentemente el sistema de control automático de flujo para evaluar su eficiencia y así ingresar más medidores de gas que requieran ser verificados.

7.3 Se recomienda ampliar el estudio para crear más rutinas de ensayo que permitirá verificar medidores de gas de mayor alcance.

## VIII. REFERENCIAS

- Angulo, C. & Raya, R. (2004). *Tecnología de sistemas de control*. EDICIONES UPC.  
[https://books.google.com.pe/books?id=Vbd11zVvk\\_QC&printsec=frontcover&dq=control+lazo+abierto&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=Vbd11zVvk_QC&printsec=frontcover&dq=control+lazo+abierto&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- AUTOMATION, Q. (2022). Los 5 niveles de automatización industrial. *QUERO AUTOMATION*. <https://www.queroautomation.com/los-5-niveles-de-la-automatizacion-industrial/>
- Cerdá, F. (2014). *Instalaciones eléctricas y automatismos*. Ediciones Paraninfo SA.  
<https://books.google.com.pe/books?id=oFfvBgAAQBAJ&pg=PA146&dq=Aletas+de+refrigeraci%C3%B3n:+Tienen+como+objetivo+aumentar+la+superficie+para+ayudar+a+disipar+el+calor+generado+en+su+interior.&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwj5wNu8x5X4AhX6DrkGHUfAfMQ6AF6BAgJEAI>
- Cruz, F. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN HMI PARA RELLENO DE TUBOS DE RAYOS X*. Repositorio Digital Universidad de Israel  
<https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2187/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-079.pdf>
- Díaz, R. (2018). Sistema de control de flujo para presión constante de suministro. repositorio institucional. [https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/407/Diaz\\_H\\_Trujillo\\_G\\_tesis\\_ingeneria\\_electronica\\_telecomunicaciones\\_2018.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/407/Diaz_H_Trujillo_G_tesis_ingeneria_electronica_telecomunicaciones_2018.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- DISTRITEC. (s.f.). ¿Que son las válvulas direccionales hidráulicas? *DISTRITEC HIDRAULICA.NEUMATICA*. <https://www.distritec.com.ar/que-son-las-valvulas-direccionales-hidraulicas/>

Electrin.(25 de abril de 2016). Entradas y salidas de un PLC. Electrinblog.

<https://electrinblog.wordpress.com/2016/04/25/post-3/>

Enriquez, H. (2004). *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos*. Limusa Noriega Editores

<https://books.google.es/books?id=P62ebMavSIIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Farina, L. (abril de 2018). Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento.

suplementos instaladores, pp.68-72. [https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie330\\_farina\\_motores\\_electricos.pdf](https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie330_farina_motores_electricos.pdf)

Fuentes, G. (2020). “Diseño de un sistema automático HMI/SCADA para el control del tanque desaireador del área de calderos de la empresa Agroindustrial Tumán S.A.A.”. Repositorio institucional UNPRG.

<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8211/BC-4601%20FUENTES%20CAMPOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, N. (2020). *Montaje y mantenimiento eléctrico y electrónico*. Ediciones Paraninfo SA.

[https://books.google.com.pe/books?id=88znDwAAQBAJ&pg=PA76&dq=estructura+de+un+plc&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwiutPyYIzD4AhW\\_BrkGHQCIC7kQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=estructura%20de%20un%20plc&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=88znDwAAQBAJ&pg=PA76&dq=estructura+de+un+plc&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwiutPyYIzD4AhW_BrkGHQCIC7kQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=estructura%20de%20un%20plc&f=false)

GIMIN. (11 de febrero de 2021). ¿Cómo funcionan los medidores de gas natural?

.(GIMIN) Grupo de instrumentación y medición industrial de México S.A de C.V.

<https://gimim.com/blog/2021/02/11/como-funcionan-los-medidores-de-gas-natural/>

Gonzalez, R. (4 de Diciembre de 2016). Diferencia entre gas natural y gas LP. *Heat wave*.

<https://www.heatwave.com.mx/noticias/diferencia-gas-natural-gas-lp/>

González, C. (2022). Diseño del sistema de control de flujo de materia prima en un tanque de

fabricación para la empresa latín products S.A.S. Repositorio Educativo Digital

[https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/13681/T10148\\_Dise%  
c3%b1o%20del%20sistema%20de%20control%20de%20flujo%20de%20materia%20prima%20en%  
20un%20tanque%20de%20fabricaci%  
c3%b3n%20para%20la%20empresa%20Latin%  
20Products%20S.A.S.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/13681/T10148_Dise%c3%b1o%20del%20sistema%20de%20control%20de%20flujo%20de%20materia%20prima%20en%20un%20tanque%20de%20fabricaci%c3%b3n%20para%20la%20empresa%20Latin%20Products%20S.A.S.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Hernandez et al. (2014). Metodología de la Investigación (6ª ed.). Mc Graw Hill Education

Hyde, et al., (1997). *CONTROL ELECTRONEUMÁTICO Y*

*ELECTRÓNICO*. MARCOBOMO BOIXAREU EDITORES.

[https://books.google.com.pe/books?id=N4ztYNZD5UC&pg=PA112&dq=Un+control  
ador+1%C3%B3gico+programable+es+un+dispositivo+que+controla+una+maquina+  
o+proceso+y+puede+considerarse+simplemente+como+una+caja+de+control+con+d  
os+filas+de+terminales:+una+para+salid](https://books.google.com.pe/books?id=N4ztYNZD5UC&pg=PA112&dq=Un+control+ador+1%C3%B3gico+programable+es+un+dispositivo+que+controla+una+maquina+o+proceso+y+puede+considerarse+simplemente+como+una+caja+de+control+con+d+os+filas+de+terminales:+una+para+salid)

INDECOPI. (27 de diciembre de 2012).

[https://www.inacal.gob.pe/inacal/files/metrologia/normas-metrologicas-  
peruanas/NMP\\_016\\_2012-1.pdf](https://www.inacal.gob.pe/inacal/files/metrologia/normas-metrologicas-peruanas/NMP_016_2012-1.pdf)

Lahidalga, S. (2011). ventiladores centrífugos. *ACTA*, pp.95-96.

[https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/059095.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/059095.pdf)

Machacado, J. (2009). Automatización de los procesos Productivos en la planta II División

Partes y Piezas para la Empresa Indurama S.A. Repositorio Institucional UCUENCA.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2627/1/tm4288.pdf>

Nava, V. (2006). *¿Qué es la calidad? conceptos, gurús y modelos fundamentales*. Limusa

Noriega Editores.

[https://books.google.com.pe/books?id=gdGs17C2KeoC&printsec=frontcover&dq=calidad+q  
ue+es&hl=es419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=calidad%20que%20es&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=gdGs17C2KeoC&printsec=frontcover&dq=calidad+que+es&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=calidad%20que%20es&f=false)

Osinermin. (agosto de 2014). *Osinermin*.

<https://www.osinermin.gob.pe/Paginas/Camisea/files/Presentaciones-UNI/1Osinermin-JoseNevadoYenque-Distribuci%C3%B3ndegasnatural.pdf>

Osinermin. (23 de Diciembre de 2015). *Norma de Contraste y Verificación Periódica de los Medidores de Gas Natural*.

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1127540/Osinermin\\_N%C2%BA\\_307-2015-OS-CD.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1127540/Osinermin_N%C2%BA_307-2015-OS-CD.pdf)

PREMAC. (21 de OCTUBRE de 2020). *PREMAC*. <https://www.premac.co/medidor-de-gas-de-desplazamiento-positivo/>

QuimiNet. (16 de junio de 2011). ¿Qué es un variador de frecuencia y como es que funciona?

[https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-variador-de-frecuencia-y-como-es-que-funciona60877.htm?mkt\\_source=22&mkt\\_medium=2425880887&mkt\\_term=66&mkt\\_content=&mkt\\_campaign=1](https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-variador-de-frecuencia-y-como-es-que-funciona60877.htm?mkt_source=22&mkt_medium=2425880887&mkt_term=66&mkt_content=&mkt_campaign=1)

Romero, J. & Jurado, A. (2017). Sistema de Control y Protección contra Incendios para el Hospital General de Macas en la provincia de Morona Santiago. Repositorio Universidad técnica de Ambato.

[https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26716/1/Tesis\\_t1333ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26716/1/Tesis_t1333ec.pdf)

S&P. (07 de enero de 2020). *¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia? .S&P*.

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>

Sicma21. (11 de octubre de 2021). ¿Que es un HMI y cómo funciona?. Sicma 21.

<https://www.sicma21.com/que-es-un-hmi-y-como-funciona/>

SIEMENS. (2009). *SIMATIC TIA PORTAL STEP 7 BASIC V 10.5*.

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/542/40263542/att\\_829830/v1/GS\\_STEP7Bas105esES.pdf#page=13&zoom=100,0,149](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/542/40263542/att_829830/v1/GS_STEP7Bas105esES.pdf#page=13&zoom=100,0,149)

SIEMENS. (2012). S7-1200 programmable controller.

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att\\_106119/v1/s71200\\_sysstem\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106119/v1/s71200_sysstem_manual_en-US_en-US.pdf)

Tedesco, C. (2010). *ASCENSORES ELECTRÓNICOS Y VARIADORES DE VELOCIDAD*. EDITORIAL ALSINA.

<https://books.google.com.pe/books?id=38SWDwAAQBAJ&pg=PA66&dq=etapas+de+un+variador+de+frecuencia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj81OuOxZT4AhXHEbkGHbmoBNcQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=etapas%20de%20un%20variador%20de%20frecuencia&f=false>

Tigse, A. & Chiluisa, C. (2021). DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO DE AIRE EN UN COLECTOR SOLAR. Repositorio digital universidad técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8019/1/PI-001787.pdf>

Trocel, D. (15 de abril del 2021). Análisis de vibraciones en ventiladores centrífugos. *Power-MI blog*. <https://power-mi.com/es/content/an%C3%A1lisis-de-vibraciones-en-ventiladores-centr%C3%ADfugos>

Vargas, O.(2021). Diseño e implementación de un sistema de control automático para dos hornos a vapor para la elaboración de embutidos mediante el uso de herramientas lean manufacturing. Repositorio institucional de la UTP.

[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4801/O.Vargas\\_Trabajo\\_de\\_Suficiencia\\_Profesional\\_Titulo\\_Profesional\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4801/O.Vargas_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Yuta, R. (2012). La medida del consumo de gas natural y los contadores inteligentes

[Mooc].SCRIBD.<https://es.scribd.com/document/145991285/R-YUNTA-La-Medida-Del-Gas-y-Los-Contadores-Inteligentes>

Zarza, L. (s.f.).¿Qué es un caudalímetro y cuantos tipos hay? *iagua*.

<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudalimetro-y-cuantos-tipos-hay>

## IX. ANEXOS

### ANEXO A

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	METODOS
¿De qué manera un sistema de control automático de flujo influye en la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial?	Determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la calidad de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.	El sistema de control automático de flujo mejora la calidad de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño de un sistema de control automatico de flujo	Hardware	Confiabilidad	Es una investigacion de: <b>Tipo:</b> aplicada <b>Nivel:</b> descriptivo-explicativo <b>Diseño:</b> experimental-transversal <b>Poblacion:</b> Tomaremos como población para el presente trabajo de investigación a los 12 técnicos que laboran en el área de mecánica del Instituto Nacional de Calidad. <b>Muestra:</b> Para calcular el tamaño de la muestra se aplicó un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5% para ello usamos la formula correspondiente a tamaño de muestra para poblaciones conocidas con varianza desconocida, siendo una muestra de 10. <b>Técnicas:</b> Encuesta, análisis documental. <b>Instrumentos:</b> Cuestionario con escalas likert, ficha de registro.
					Seguridad	
					Funcionalidad	
				Software	Confiabilidad	
					Seguridad	
					Usabilidad	
Rapidez						
¿De qué manera un sistema de control automático de flujo influye en la eficiencia de verificación inicial de medidores de gas de uso industria?	Determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la eficiencia de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.	La influencia de un sistema de control automático de flujo mejora la eficiencia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.	VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial	Eficiencia	Horas-Hombre	
					Horas-Maquina	
					Tiempo de proceso	
¿De qué manera un sistema de control automático de flujo influye en la eficacia de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial?	Determinar la influencia de un sistema de control automático de flujo en la eficacia de servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.	La influencia de un sistema de control automático de flujo mejora la eficacia de servicio en la verificación inicial de medidores de gas de uso industrial.	VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad en el servicio de verificación inicial de medidores de gas de uso industrial	Eficacia	Reclamos	
					Grado de calidad	
					Confiabilidad	

## ANEXO B



**Universidad Nacional Federico Villareal**

**San Borja, 25 de agosto de 2022**

Ing. Carlos Roberto Ochoa Quiquia  
Coordinador del laboratorio de flujo de gases

ASUNTO: Validación de instrumentos de investigación.

Gian Carlos Bladimir Cayata Sotelo, identificado con DNI N° 71660594 con código de matrícula N° 2016236301, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Federico Villareal, sección Titulo con mención en INGENIERÍA ELECTRÓNICA; SOLICITO A USTED SU OPINIÓN PROFESIONAL para validar los instrumentos de mi proyecto de tesis titulado:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL”.

Para tal efecto acompaño con los siguientes documentos:

- 1.-Matriz de consistencia de tesis
- 2.-Instrumentos : cuestionarios con escalas Likert

Agradezco por lo anticipado la atención de la presente y aprovecho la oportunidad para reiterarle mi consideración y estima personal.

Firma manuscrita en azul de Gian Carlos Bladimir Cayata Sotelo.

Cayata Sotelo Gian Carlos Bladimir  
DNI N° 71660594

Firma manuscrita en azul de Carlos Roberto Ochoa Quiquia.

Carlos Roberto Ochoa Quiquia  
DNI N° 41181218

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL  
 INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



Instrumento 01: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

Dimensión: Hardware y Software

TITULO DEL ESTUDIO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACION INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL".

BACHILLER: GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

1= "Totalmente desacuerdo"

4 = "De acuerdo"

2= "En desacuerdo"

5= "Totalmente de acuerdo"

3= "Ni de acuerdo ni en desacuerdo"

INDICADOR	ITEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Hardware del diseño de sistema de control automático de flujo.	Brinda seguridad física al técnico del laboratorio.					
	Brinda confiabilidad para su uso.					
	El variador de frecuencia no es manipulado manualmente para regular el flujo.					
	La válvula de control de ingreso de aire es adecuada para regular el flujo.					
Software del diseño de sistema de control automático de flujo.	Brinda confiabilidad a la hora de mostrar el flujo.					
	Posee clave de protección ante posibles modificaciones.					
	La respuesta del software es rápida.					
	Muestra gráficos para comprender el comportamiento del flujo.					
	Le resulta sencillo el uso del software.					

Promedio de calificación: 95%

Opinión de aplicabilidad: APLICABLE

San Borja, 25 de agosto de 2022

Firma del experto evaluador

Ing.: CARLOS ROBERTO OCHOA QUQUIA

DNI N°: 4181218

Celular: 921070757

## UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



## Instrumento 02: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

## Dimensión: Eficiencia

TÍTULO DEL ESTUDIO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL".

BACHILLER: GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

- 1= "Totalmente desacuerdo"                      4 = "De acuerdo"  
 2= "En desacuerdo"                                5= "Totalmente de acuerdo"  
 3= "Ni de acuerdo ni en desacuerdo"

INDICADOR	ÍTEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Eficiencia	El presente sistema posee rutinas de ensayo para reducir los tiempos de verificación de cada medidor.					
	En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular el variador de frecuencia.					
	En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular la válvula de ingreso de aire.					
	No es necesario trasladarse para detener el proceso de verificación por algún fallo de los equipos.					
	Se ha aminorado el tiempo de uso del soplador industrial por cada medidor verificado.					
	Se ha aminorado el tiempo de uso del variador de frecuencia por cada medidor verificado.					

Promedio de calificación: 95%

Opinión de aplicabilidad: APLICABLE

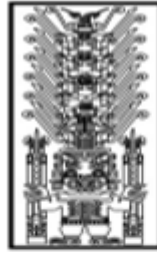
San Borja, 25 de agosto de 2022

Firma del experto evaluador

Ing.: CARLOS ROBERTO OCHOA QUIQUÍA

DNI N°: 41181218

Celular: 921870757



**Universidad Nacional Federico Villareal**

**San Borja, 25 de agosto de 2022**

Mg. Rubén Darío Gil Chacaltana  
Analista del laboratorio de flujo de gases

ASUNTO: Validación de instrumentos de investigación.

Gian Carlos Bladimir Cayata Sotelo, identificado con DNI N° 71660594 con código de matrícula N° 2016236301, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Federico Villareal, sección Título con mención en INGENIERÍA ELECTRÓNICA; SOLICITO A USTED SU OPINIÓN PROFESIONAL para validar los instrumentos de mi proyecto de tesis titulado:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL”.

Para tal efecto acompaño con los siguientes documentos:

- 1.-Matriz de consistencia de tesis
- 2.-Instrumentos : cuestionarios con escalas Likert

Agradezco por lo anticipado la atención de la presente y aprovecho la oportunidad para reiterarle mi consideración y estima personal.

Cayata Sotelo Gian Carlos Bladimir  
DNI N° 71660594

Rubén Darío Gil Chacaltana  
DNI N° 44167613

## UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



## Instrumento 01: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

Dimensión: Hardware y Software

TÍTULO DEL ESTUDIO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL".

BACHILLER: GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

1= "Totalmente desacuerdo"

4 = "De acuerdo"

2= "En desacuerdo"

5= "Totalmente de acuerdo"

3= "Ni de acuerdo ni en desacuerdo"

INDICADOR	ITEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Hardware del diseño de sistema de control automático de flujo.	Brinda seguridad física al técnico del laboratorio.					
	Brinda confiabilidad para su uso.					
	El variador de frecuencia no es manipulado manualmente para regular el flujo.					
	La válvula de control de ingreso de aire es adecuada para regular el flujo.					
Software del diseño de sistema de control automático de flujo.	Brinda confiabilidad a la hora de mostrar el flujo.					
	Posee clave de protección ante posibles modificaciones.					
	La respuesta del software es rápida.					
	Muestra gráficos para comprender el comportamiento del flujo.					
	Le resulta sencillo el uso del software.					

Promedio de calificación: 90 %Opinión de aplicabilidad: Aplicable

San Borja, 25 de agosto de 2022

  
 Firma del experto evaluador  
 Mg.: Rubén Gil Chacaluma  
 DNI N°: 44167613  
 Celular: 995901197

## UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



## Instrumento 02: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

## Dimensión: Eficiencia

TÍTULO DEL ESTUDIO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL".

BACHILLER: GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

- 1= "Totalmente desacuerdo"      4 = "De acuerdo"  
 2= "En desacuerdo"              5= "Totalmente de acuerdo"  
 3= "Ni de acuerdo ni en desacuerdo"

INDICADOR	ÍTEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Eficiencia	El presente sistema posee rutinas de ensayo para reducir los tiempos de verificación de cada medidor.					
	En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular el variador de frecuencia.					
	En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular la válvula de ingreso de aire.					
	No es necesario trasladarse para detener el proceso de verificación por algún fallo de los equipos.					
	Se ha aminorado el tiempo de uso del soplador industrial por cada medidor verificado.					
	Se ha aminorado el tiempo de uso del variador de frecuencia por cada medidor verificado.					

Promedio de calificación: 90 %

Opinión de aplicabilidad: Aplicable

San Borja, 25 de agosto de 2022

  
 Firma del experto evaluador  
 Mg.: Rubén Gil Chacabana  
 DNI N°: 44167613  
 Celular: 995901197



**Universidad Nacional Federico Villareal**

**San Borja, 25 de agosto de 2022**

Ing. José Luis Martín Dejo Aguinaga  
Analista de Calidad Interna

ASUNTO: Validación de instrumentos de investigación.

Gian Carlos Bladimir Cayata Sotelo, identificado con DNI N° 71660594 con código de matrícula N° 2016236301, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Federico Villareal, sección Título con mención en INGENIERÍA ELECTRÓNICA; SOLICITO A USTED SU OPINIÓN PROFESIONAL para validar los instrumentos de mi proyecto de tesis titulado:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL”.

Para tal efecto acompaño con los siguientes documentos:

- 1.-Matriz de consistencia de tesis
- 2.-Instrumentos : cuestionarios con escalas Likert

Agradezco por lo anticipado la atención de la presente y aprovecho la oportunidad para reiterarle mi consideración y estima personal.

Cayata Sotelo Gian Carlos Bladimir  
DNI N° 71660594

José Luis Martín Dejo Aguinaga  
DNI N° 41470026

## UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



## Instrumento 01: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

## Dimensión: Hardware y Software

TITULO DEL ESTUDIO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACION INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL".

BACHILLER: GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

1= "Totalmente desacuerdo"

4 = "De acuerdo"

2= "En desacuerdo"

5= "Totalmente de acuerdo"

3= "Ni de acuerdo ni en desacuerdo"

INDICADOR	ITEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Hardware del diseño de sistema de control automático de flujo.	Brinda seguridad física al técnico del laboratorio.					
	Brinda confiabilidad para su uso.					
	El variador de frecuencia no es manipulado manualmente para regular el flujo.					
	La válvula de control de ingreso de aire es adecuada para regular el flujo.					
Software del diseño de sistema de control automático de flujo.	Brinda confiabilidad a la hora de mostrar el flujo.					
	Posee clave de protección ante posibles modificaciones.					
	La respuesta del software es rápida.					
	Muestra gráficos para comprender el comportamiento del flujo.					
	Le resulta sencillo el uso del software.					

Promedio de calificación: 90 %

Opinión de aplicabilidad: Aplicable

San Borja, 25 de agosto de 2022

Firma del experto evaluador

Ing.: Jose Luis Dejo Aquinaga

DNI N°: 41470026

Celular: 965326508

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL  
 INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



Instrumento 02: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

Dimensión: Eficiencia

TÍTULO DEL ESTUDIO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACION INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL".

BACHILLER: GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

1= "Totalmente desacuerdo"

4 = "De acuerdo"

2= "En desacuerdo"

5= "Totalmente de acuerdo"

3= "Ni de acuerdo ni en desacuerdo"

INDICADOR	ITEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Eficiencia	El presente sistema posee rutinas de ensayo para reducir los tiempos de verificación de cada medidor.					
	En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular el variador de frecuencia.					
	En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular la válvula de ingreso de aire.					
	No es necesario trasladarse para detener el proceso de verificación por algún fallo de los equipos.					
	Se ha aminorado el tiempo de uso del soplador industrial por cada medidor verificado.					
	Se ha aminorado el tiempo de uso del variador de frecuencia por cada medidor verificado.					

Promedio de calificación: 90%

Opinión de aplicabilidad: Aplicable

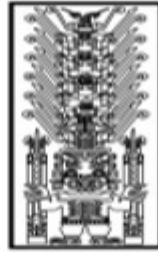
San Borja, 25 de agosto de 2022

Firma del experto evaluador

Ing.: Jose Luis Dejo Aguirre

DNI N°: 41470026

Celular: 965326508



**Universidad Nacional Federico Villareal**

**San Borja, 25 de agosto de 2022**

Lic. Leonardo de la Cruz García  
Coordinador del Área de Mecánica

ASUNTO: Validación de instrumentos de investigación.

Gian Carlos Bladimir Cayata Sotelo, identificado con DNI N° 71660594 con código de matrícula N° 2016236301, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional Federico Villareal, sección Título con mención en INGENIERÍA ELECTRÓNICA; SOLICITO A USTED SU OPINIÓN PROFESIONAL para validar los instrumentos de mi proyecto de tesis titulado:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL”.

Para tal efecto acompaño con los siguientes documentos:

- 1.-Matriz de consistencia de tesis
- 2.-Instrumentos : cuestionarios con escalas Likert

Agradezco por lo anticipado la atención de la presente y aprovecho la oportunidad para reiterarle mi consideración y estima personal.

Cayata Sotelo Gian Carlos Bladimir  
DNI N° 71660594

Leonardo de la Cruz García  
DNI N° 20034991

## UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



Instrumento 01: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

Dimensión: Hardware y Software

TÍTULO DEL ESTUDIO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL".

BACHILLER: GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

1= "Totalmente desacuerdo"

4= "De acuerdo"

2= "En desacuerdo"

5= "Totalmente de acuerdo"

3= "Ni de acuerdo ni en desacuerdo"

INDICADOR	ITEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Hardware del diseño de sistema de control automático de flujo.	Brinda seguridad física al técnico del laboratorio.					
	Brinda confiabilidad para su uso.					
	El variador de frecuencia no es manipulado manualmente para regular el flujo.					
	La válvula de control de ingreso de aire es adecuada para regular el flujo.					
Software del diseño de sistema de control automático de flujo.	Brinda confiabilidad a la hora de mostrar el flujo.					
	Posee clave de protección ante posibles modificaciones.					
	La respuesta del software es rápida.					
	Muestra gráficos para comprender el comportamiento del flujo.					
	Le resulta sencillo el uso del software.					

Promedio de calificación: 90%Opinión de aplicabilidad: APLICABLE

San Borja, 25 de agosto de 2022


 Firma del experto evaluador
Mg.: LEONARDO DE LA CRUZDNI N°: 20034991Celular: 988008293

## UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



## Instrumento 02: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

## Dimensión: Eficiencia

TÍTULO DEL ESTUDIO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACION INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL".

BACHILLER: GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

1= "Totalmente desacuerdo"

4 = "De acuerdo"

2= "En desacuerdo"

5= "Totalmente de acuerdo"

3= "Ni de acuerdo ni en desacuerdo"

INDICADOR	ITEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Eficiencia	El presente sistema posee rutinas de ensayo para reducir los tiempos de verificación de cada medidor.					
	En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular el variador de frecuencia.					
	En el presente sistema no es necesario trasladarse para manipular la válvula de ingreso de aire.					
	No es necesario trasladarse para detener el proceso de verificación por algún fallo de los equipos.					
	Se ha aminorado el tiempo de uso del soplador industrial por cada medidor verificado.					
	Se ha aminorado el tiempo de uso del variador de frecuencia por cada medidor verificado.					

Promedio de calificación: 90%

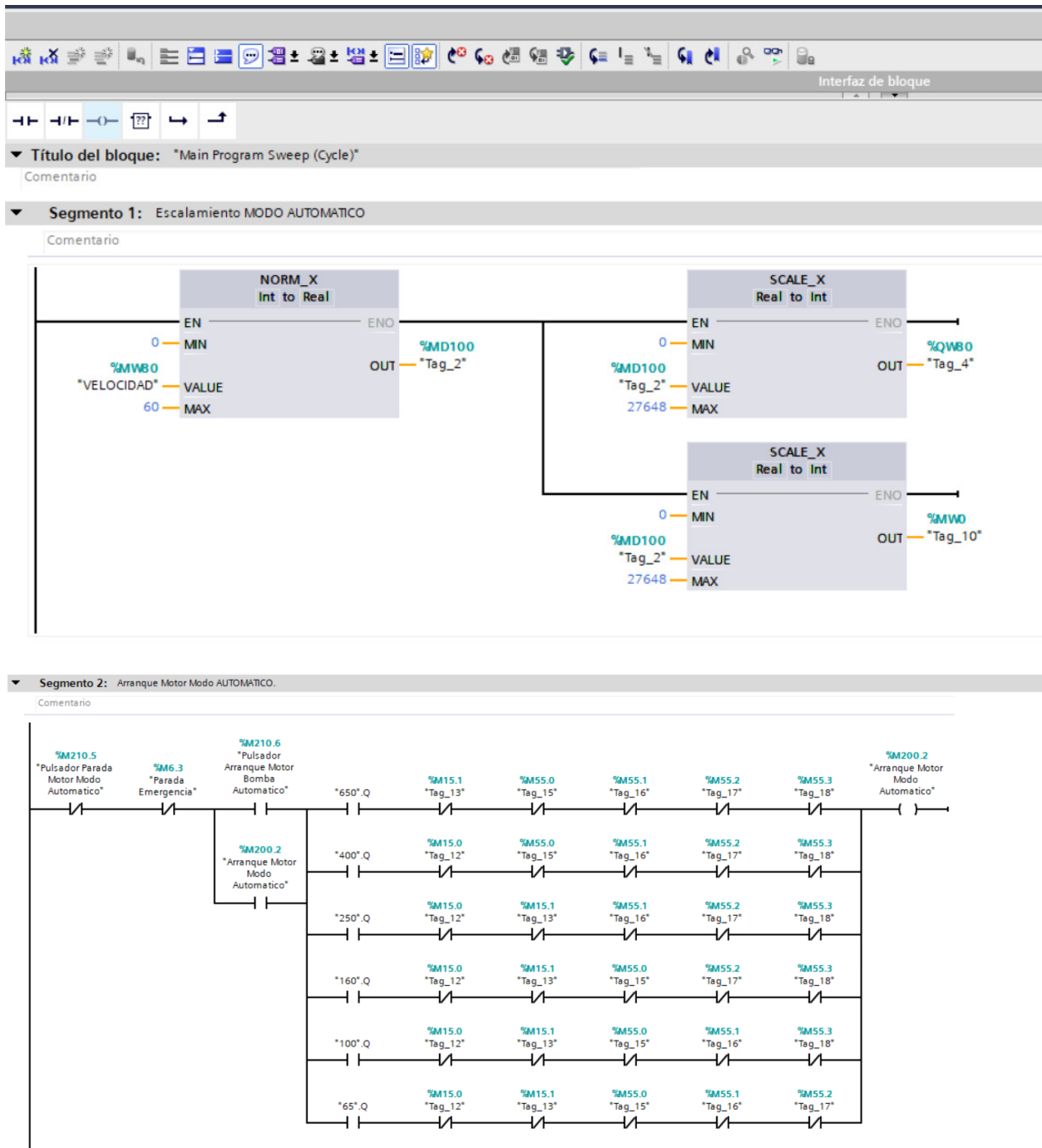
Opinión de aplicabilidad: APLICABLE

San Borja, 25 de agosto de 2022

  
 Firma del experto evaluador  
 Mg.: LEONARDO DE LA CRUZ  
 DNI N°: 20034991  
 Celular: 988 008293

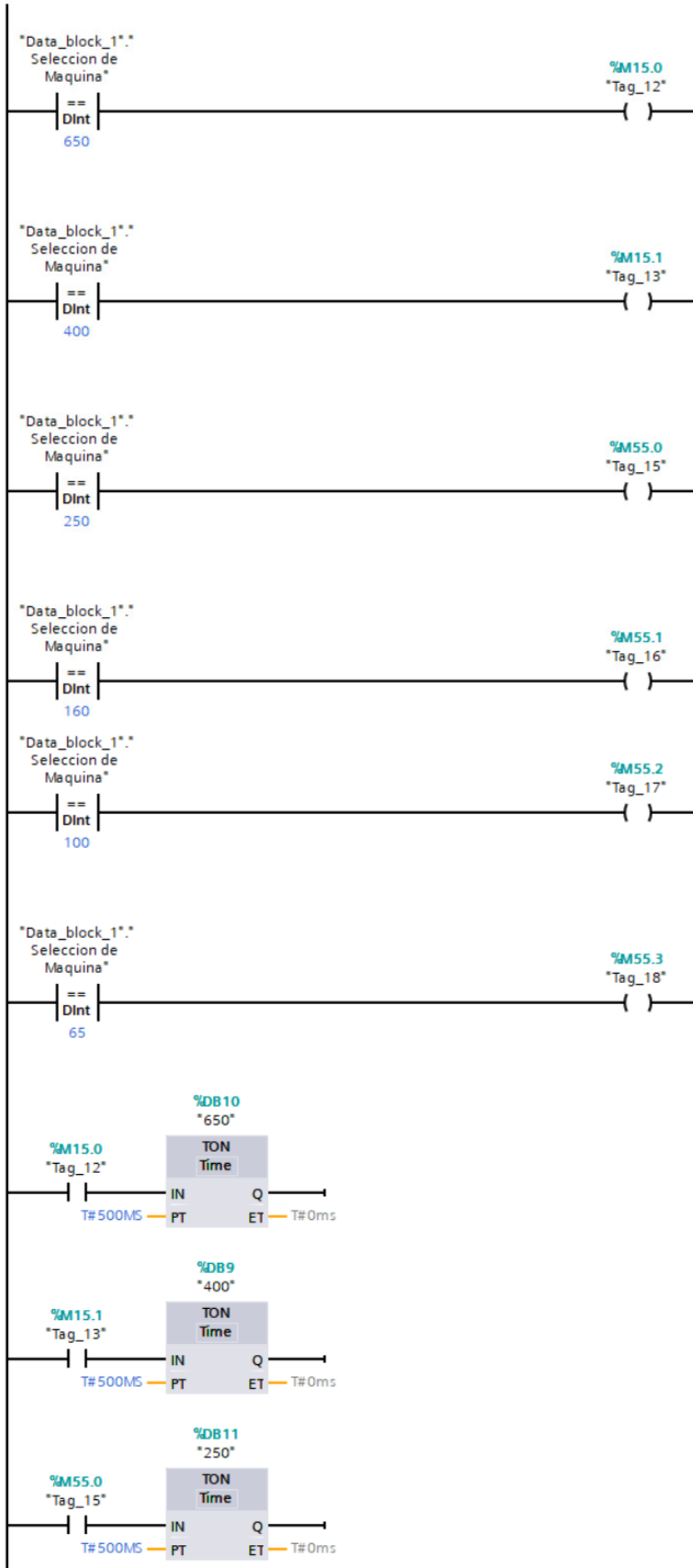
ANEXO C

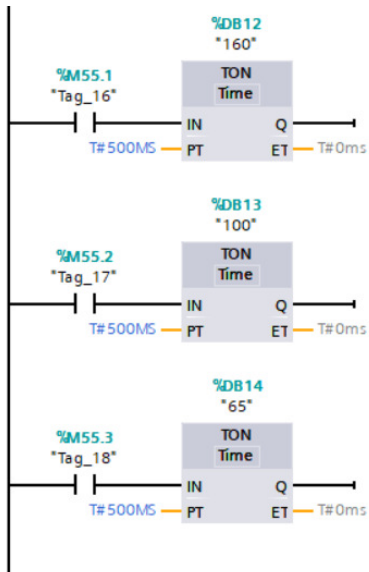
Programación del PLC S7-1200 que se empleara en el Sistema de Control Automático de Flujo



▼ Segmento 3: .....

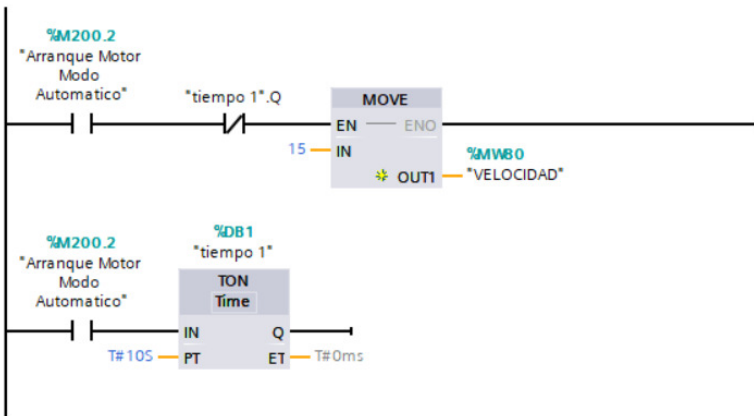
Comentario





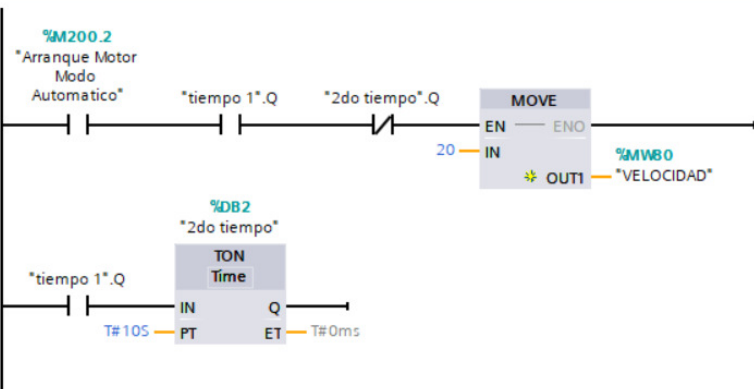
Segmento 4: 1er Velocidad

Comentario



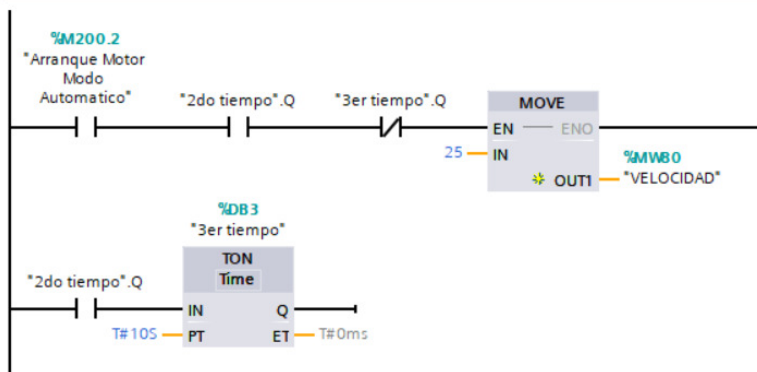
Segmento 5: 2da velocidad

Comentario



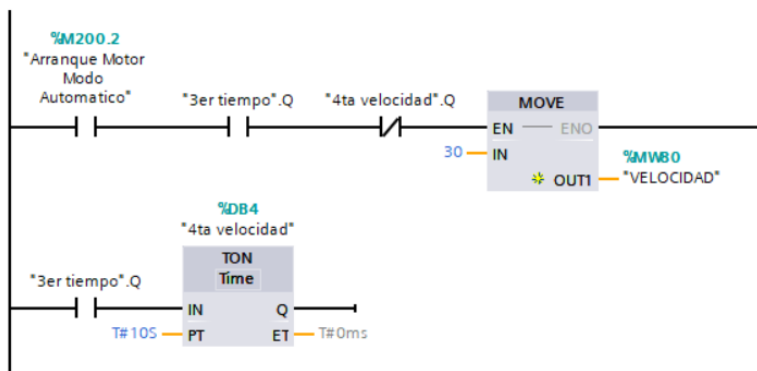
### Segmento 6: 3era velocidad

Comentario



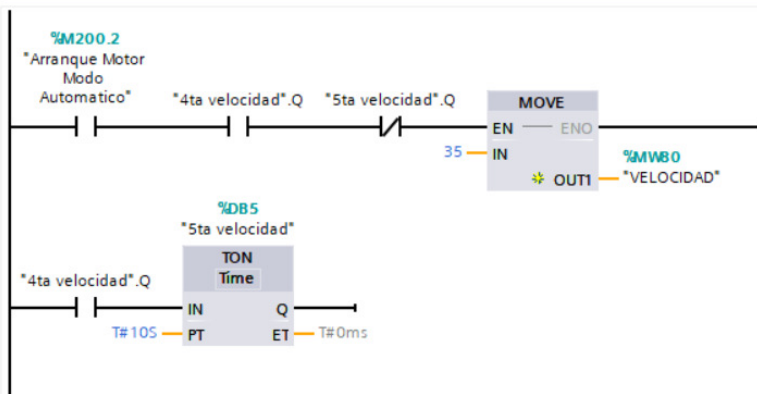
### Segmento 7: 4ta velocidad

Comentario



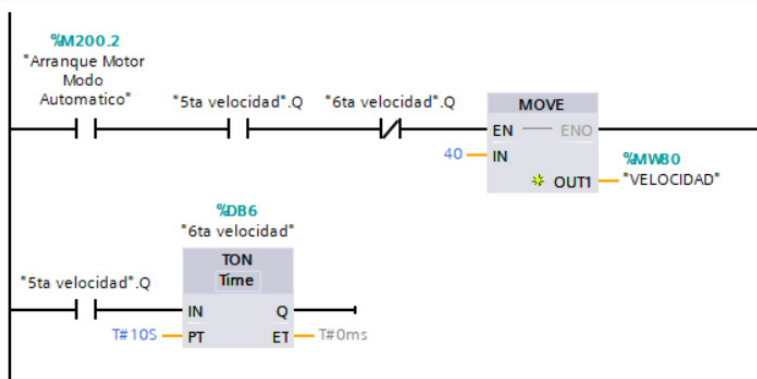
### Segmento 8: 5ta velocidad

Comentario



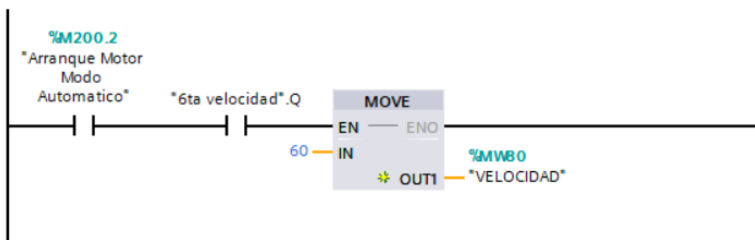
### Segmento 9: 6ta velocidad

Comentario



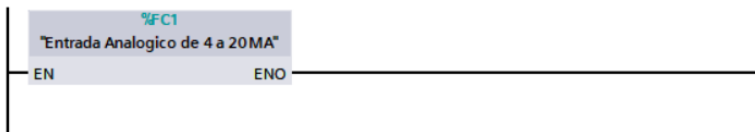
### Segmento 10: 7ma velocidad

Comentario



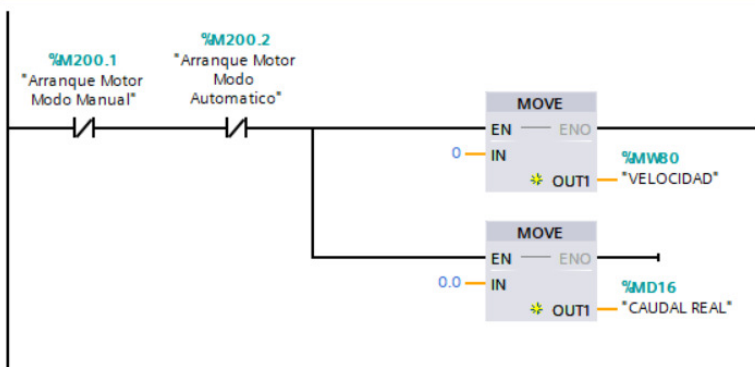
### Segmento 11: .....

Comentario



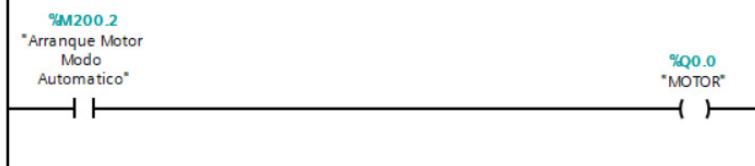
### Segmento 12: .....

Comentario



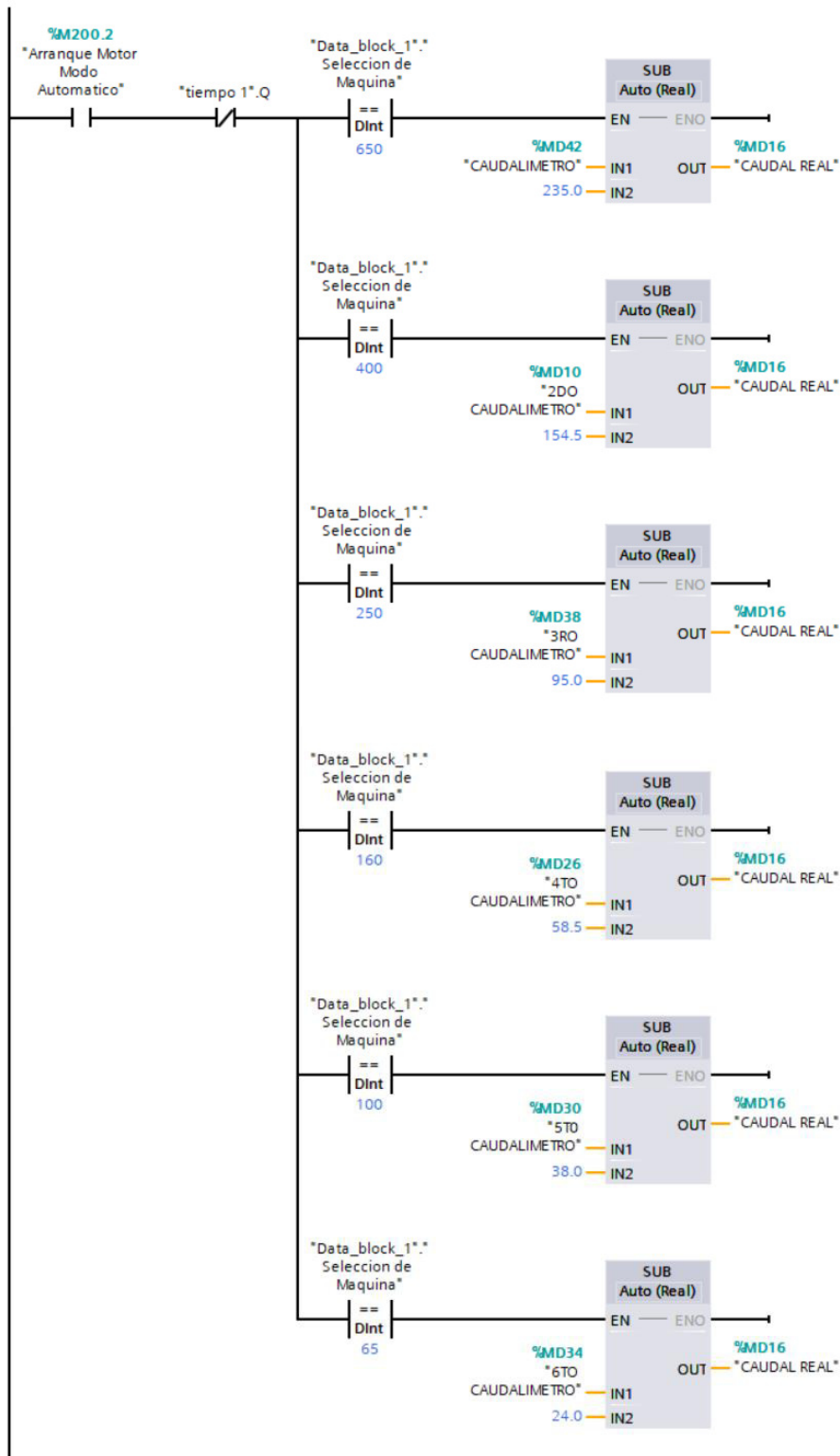
### Segmento 13: SALIDA DE MOTOR

Comentario



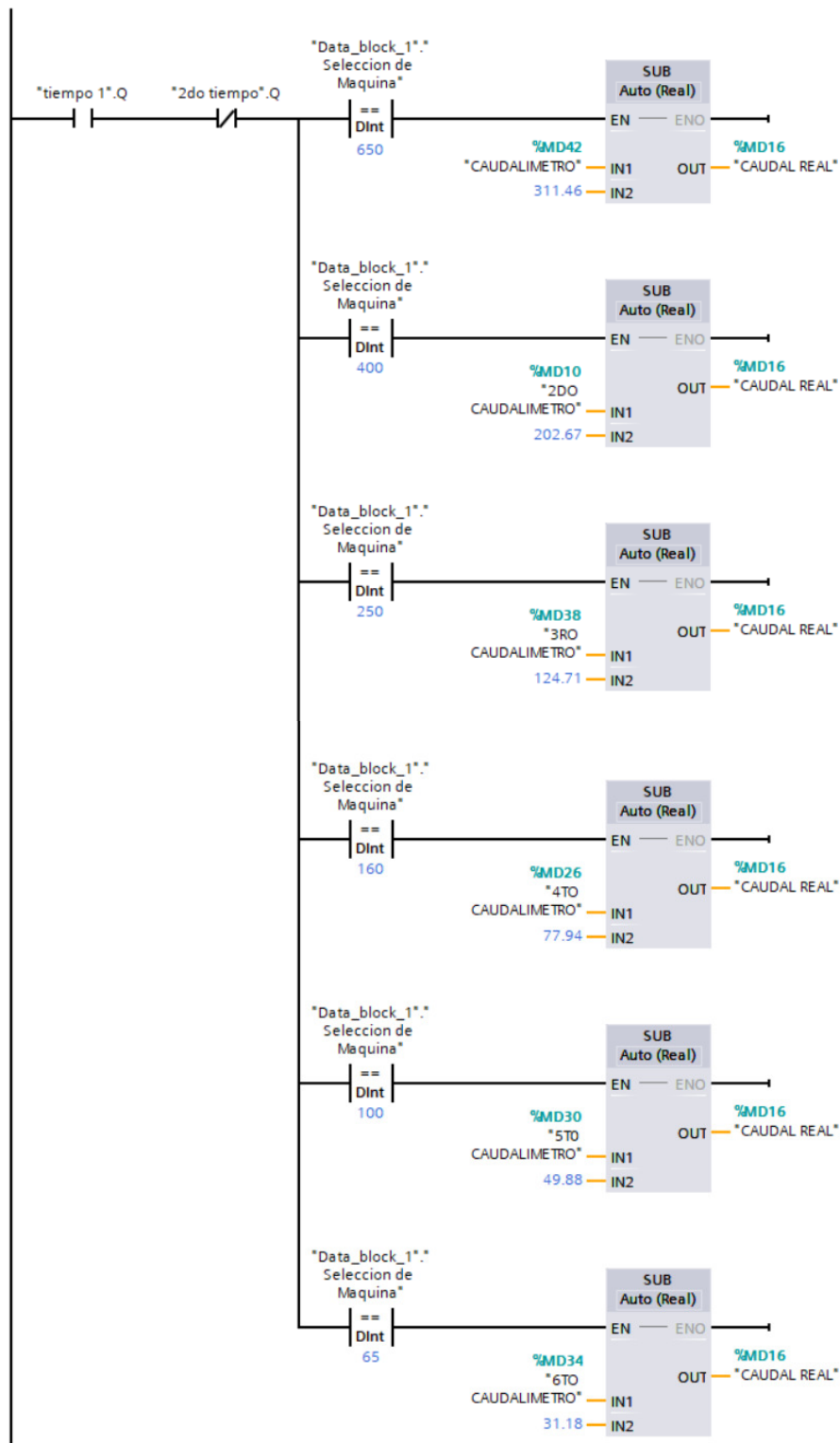
▼ Segmento 14: .....

Comentario



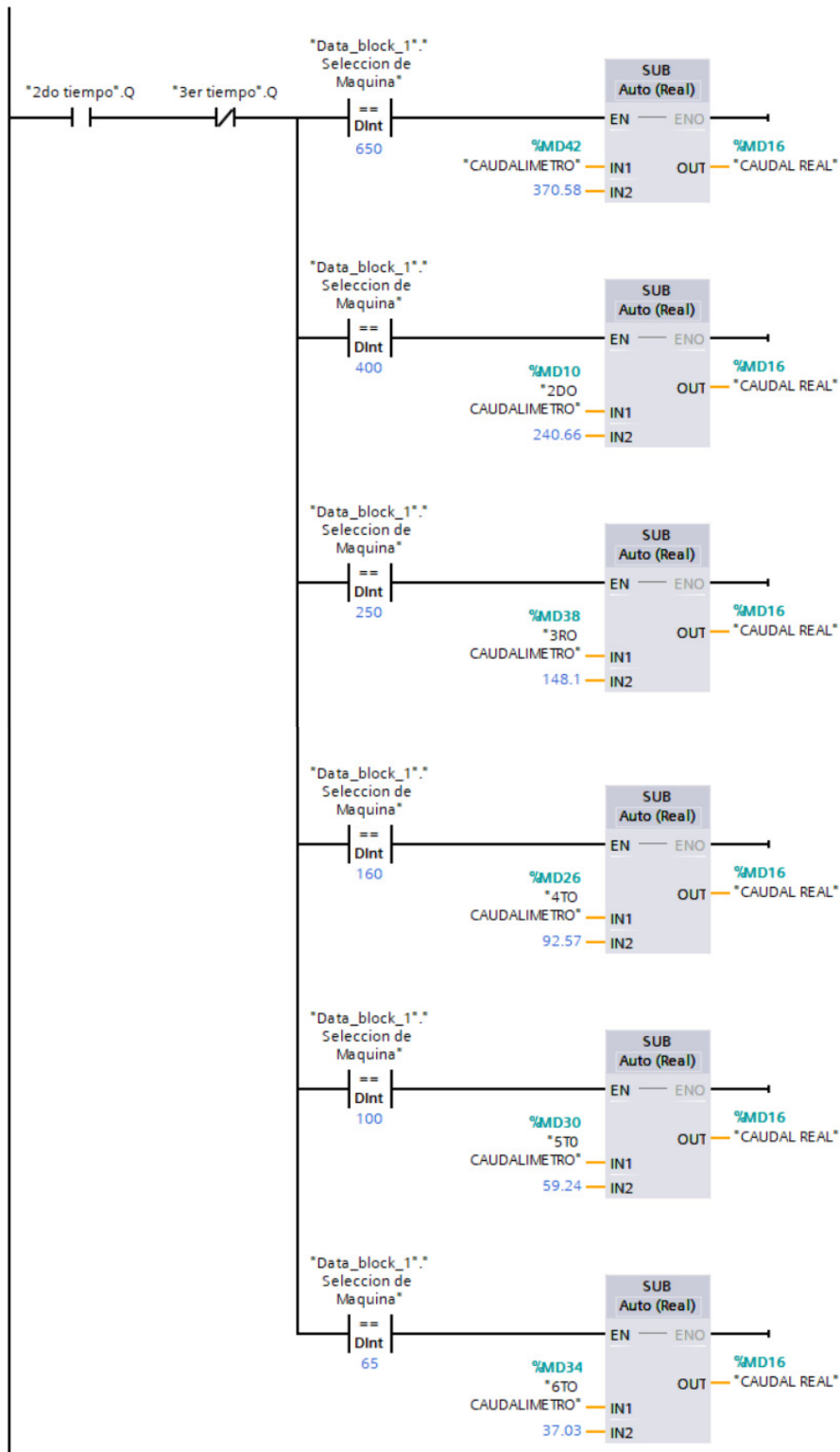
▼ Segmento 15: .....

Comentario



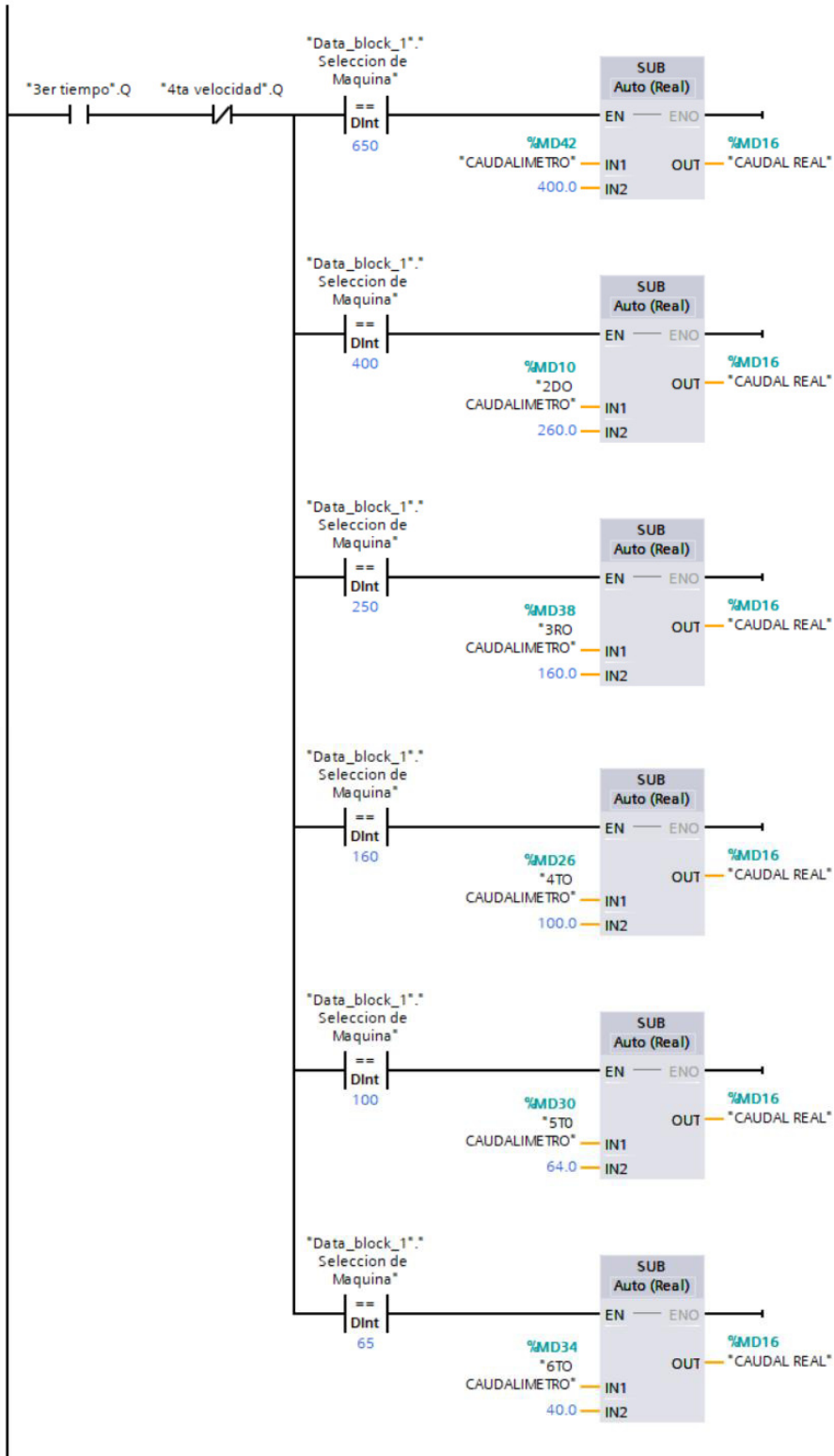
▼ Segmento 16: .....

Comentario



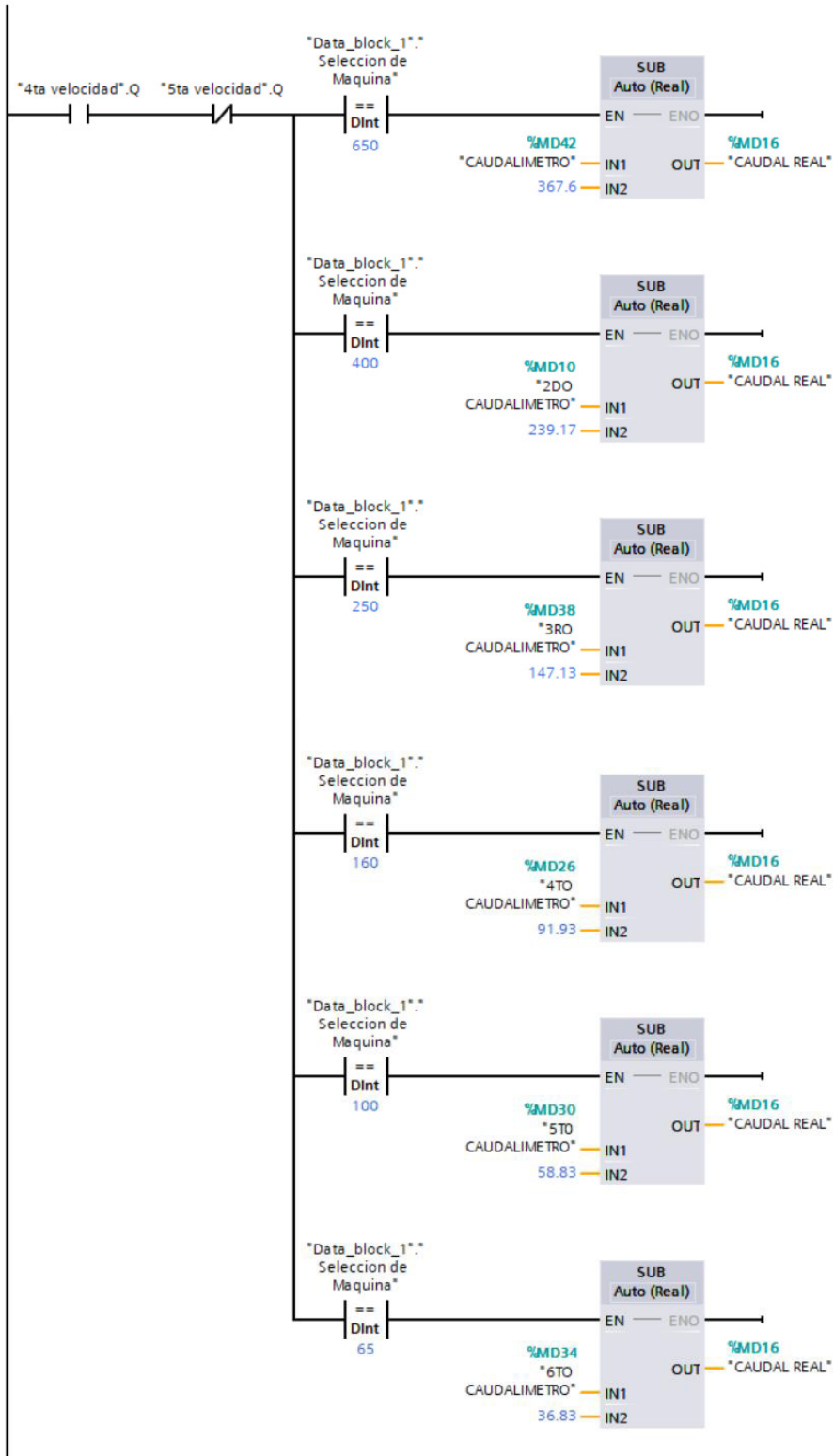
Segmento 17: .....

Comentario



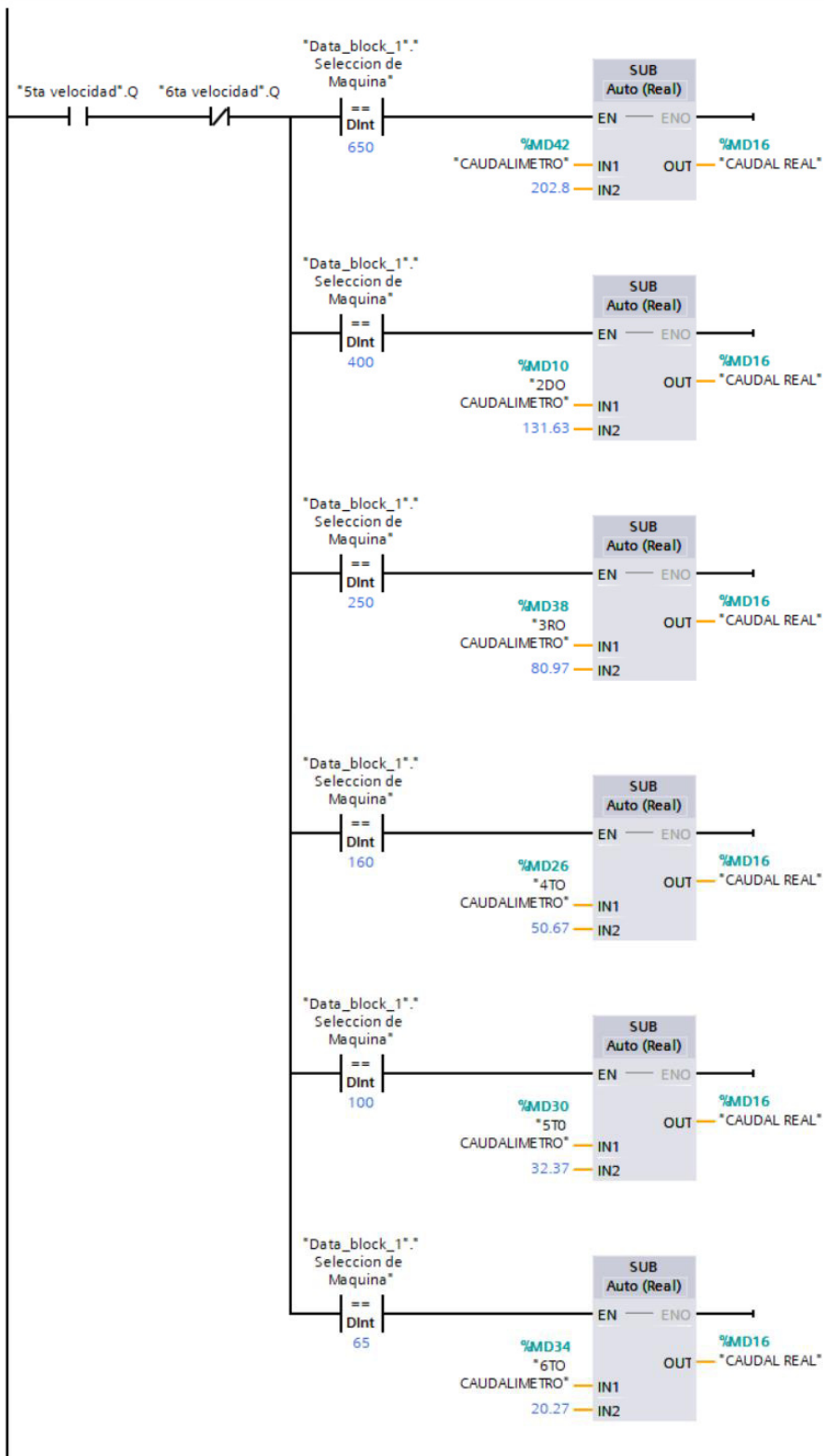
▼ Segmento 18: .....

Comentario



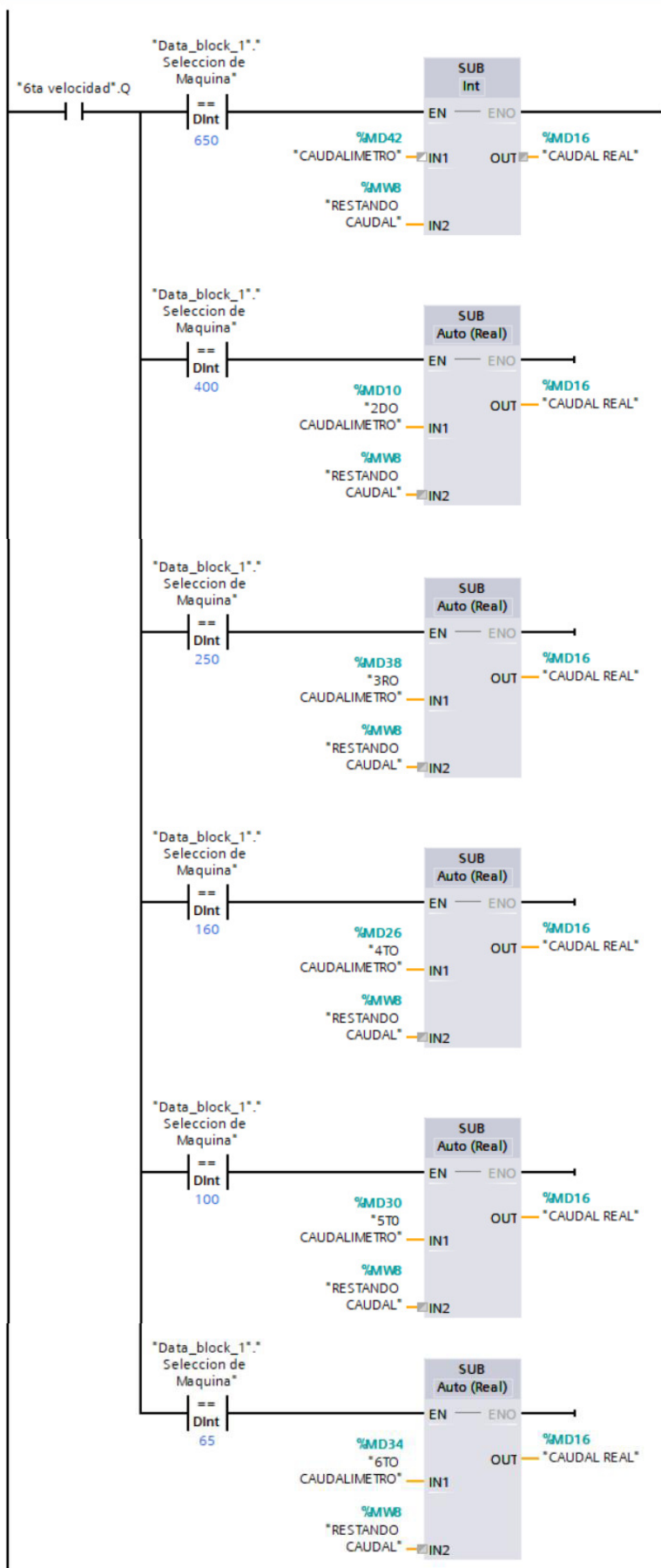
▼ Segmento 19: .....

Comentario



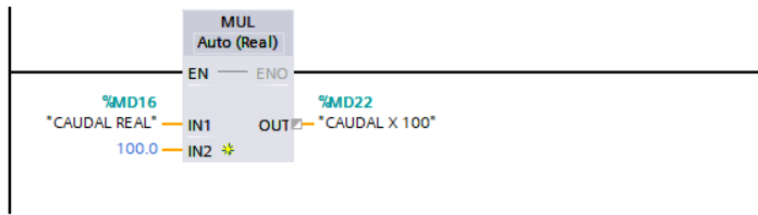
▼ Segmento 20: .....

Comentario



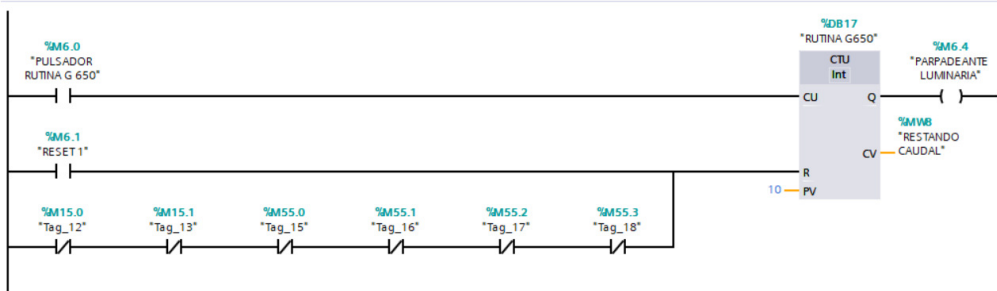
▼ Segmento 21: .....

Comentario



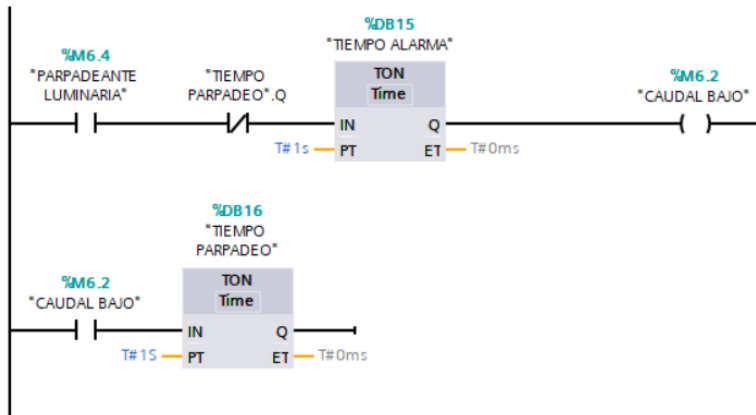
▼ Segmento 22: ALARMAS DE RUTINA G650

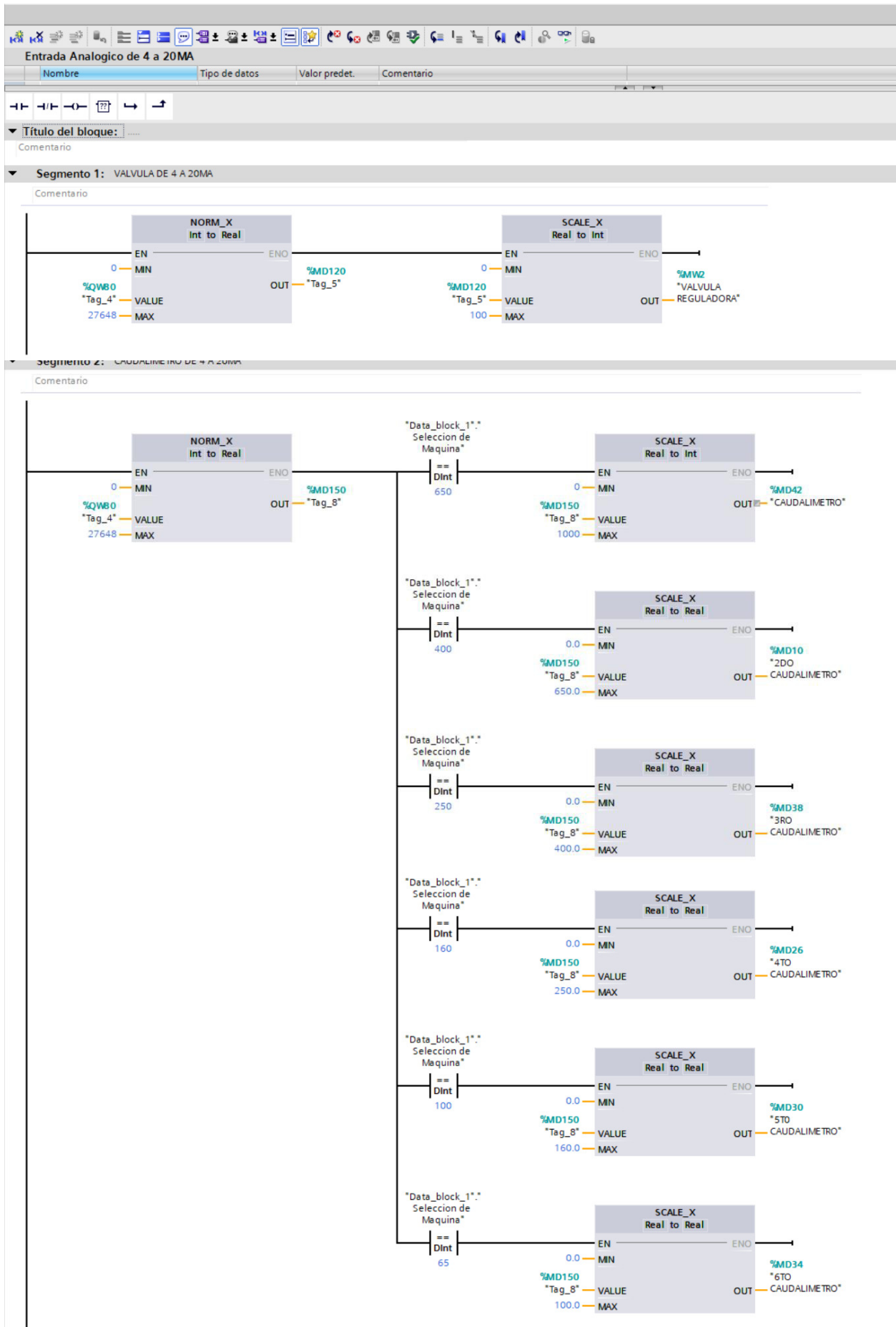
Comentario



▼ Segmento 23: .....

Comentario







Fuente. Elaboración propia 2022.

## ANEXO D

Cuadros de encuestas realizadas por el INACAL(Instituto Nacional de Calidad)

**ENCUESTAS DEL SEGUNDO SEMESTRE 2021  
LABORATORIO DE FLUJO DE GASES**

Número de Encuestas respondidas: <b>10</b>					
<b>Muy malo &lt; 20%</b> <b>20% &lt; Malo &lt; 40%</b> <b>40% &lt; Regular &lt; 60%</b> <b>60% &lt; Bueno &lt; 80%</b> <b>80% &lt; Muy bueno &lt; 100%</b>					
Items	Totalmente en Desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<b>Alternativas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan buena es la calidad de servicio brindada laboratorio de flujo se gases?	0	0	10	0	0
Califique la confiabilidad del laboratorio de flujo de gases cuando emten los resultados de los medidores verificados, en una escala del 1 al 5.	0	4	6	0	0
El laboratorio de flujo de gases cumple con la entrega del medidor verificado en la fecha que indica.	0	4	6	0	0
Considera que no hay reclamos hacia el laboratorio de flujo de gases.	0	4	6	0	0
<b>Total Recibido</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Puntaje Obtenido</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>84</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Resultado (puntaje):</b>				<b>2.70</b>	
<b>%:</b>				<b>54.00%</b>	

**ENCUESTAS DEL SEGUNDO SEMESTRE 2021  
LABORATORIO DE FLUJO DE GASES**

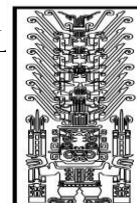
Número de Encuestas respondidas: <b>10</b>						
<b>Muy malo &lt; 20%</b> <b>20% &lt; Malo &lt; 40%</b> <b>40% &lt; Regular &lt; 60%</b> <b>60% &lt; Bueno &lt; 80%</b> <b>80% &lt; Muy bueno &lt; 100%</b>						
Alternativas	Muy Mala	Mala	Regular	Buena	Muy Buena	Indicador de Satisfacción
	Muy Bajo < 20%	20% < Bajo < 40%	40% < Regular < 60%	60% < Bueno < 80%	80% < Muy Bueno < 100%	
1 En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan buena es la calidad de servicio brindada laboratorio de flujo se gases?	0%	0%	100%	0%	0%	<b>60%</b>
2 Califique la confiabilidad del laboratorio de flujo de gases cuando emiten los resultados de los medidores verificados, en una escala del 1 al 5.	0%	40%	60%	0%	0%	<b>52%</b>
3 El laboratorio de flujo de gases cumple con la entrega del medidor verificado en la fecha que indica.	0%	40%	60%	0%	0%	<b>52%</b>
4 Considera que no hay reclamos hacia el laboratorio de flujo de gases.	0%	40%	60%	0%	0%	<b>52%</b>
						<b>54.00%</b>

Fuente. Registros del Instituto Nacional de Calidad 2021.

## ANEXO E

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTO



## Instrumento 03: CUESTIONARIO CON ESCALAS LIKERT

## Dimensión: Eficacia

**Objetivo:** Conocer de qué manera influirá el sistema de control automático de flujo en la calidad de servicio de verificación de medidores de gas de uso industrial.

**TÍTULO DEL ESTUDIO:** “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO PARA MEJORAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE MEDIDORES DE GAS DE USO INDUSTRIAL”.

**BACHILLER:** GIAN CARLOS BLADIMIR CAYATA SOTELO

1= “Totalmente desacuerdo”

4 = “De acuerdo”

2= “En desacuerdo”

5= “Totalmente de acuerdo”

3= “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”

INDICADOR	ÍTEMS	Totalmente desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Eficacia	En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan buena es la calidad de servicio brindada laboratorio de flujo se gases?					
	Califique la confiabilidad del laboratorio de flujo de gases cuando emiten los resultados de los medidores verificados, en una escala del 1 al 5.					
	El laboratorio de flujo de gases cumple con la entrega del medidor verificado en la fecha que indica.					
	Considera que no hay reclamos hacia el laboratorio de flujo de gases.					

Fuente. Elaboración propia 2022

## ANEXO F

Lima, 15 de enero del 2022


Sr. Gian Carlos Bladimir Cayata Sotelo,

**Dirección de Metrología – INACAL**

Estimado Sr. Cayata, en referencia a su carta presentada en la cual solicita la autorización para poder realizar el trabajo de investigación en el Diseño de Sistema de Control Automático de Flujo para Mejorar la Calidad en el Servicio de Verificación Inicial de Medidores de Gas de Uso Industrial.

Al respecto le informo que se ha autorizado realizar el trabajo de investigación que menciona en las instalaciones del Laboratorio de Flujo de Gases de la Dirección de Metrología del Instituto Nacional de Calidad, para lo cual sírvase realizar las coordinaciones necesarias con el Ing. Carlos Ochoa quien le debe brindar las facilidades para poder realizar dicha actividad.

Atentamente,



Firmado digital-  
mente por DE LA  
CRUZ  
GARCÍA Leonardo  
FAU 20600283015  
soft  
Fecha: 2023-01-26  
18:18:59

---

Leonardo De la Cruz García

Coordinador del Área de

Mecánica Dirección de Metrología

- INACAL